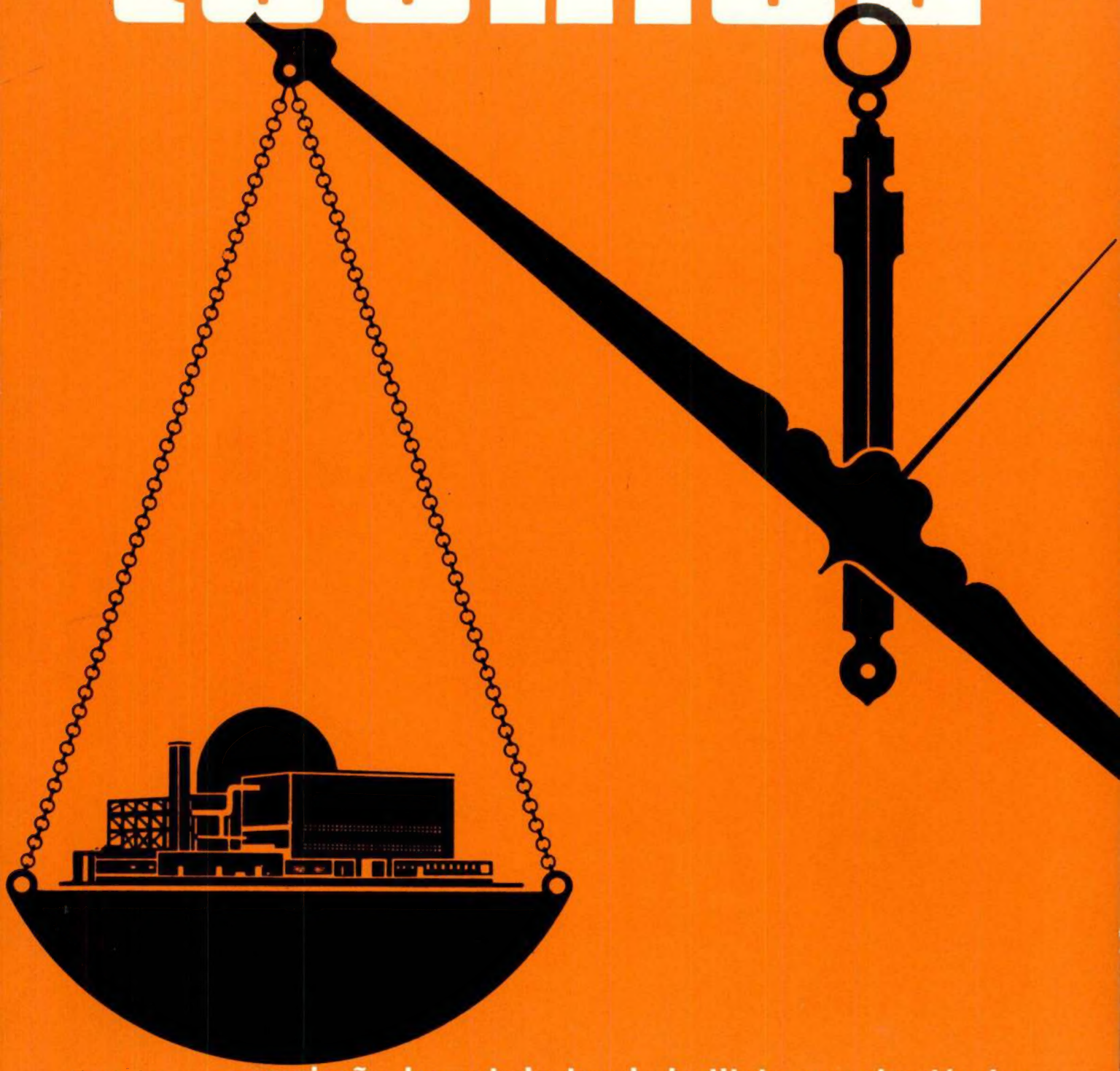
# técnica



434

associação dos estudantes do instituto superior técnico

março 1976 revista de engenharia

# Edições da Técnica

TABELA DE PREÇOS

TABELAS PARA CÁLCULO DE BETÃO ARMADO
J. S. Brazão Farinha, 6.ª edição — 1970 . . 375$00

TOPOGRAFIA GERAL
C. Xerez — 1.º vol. 2.ª edição — 1970 . . (*)
C. Xerez — 2.º vol. 2.ª edição — 1966 . . 180$00

TABELAS TÉCNICAS
Vicente e Eng.º Brasão Farinha, 7.ª edição — 1974 250$00

MANUAL DE HIDRÁULICA GERAL
A. Lencastre, 2.ª edição — 1969 . . . . (*)

DICIONÁRIO DE UNIDADES E TABELAS DE CONVERSÃO
Vasco Costa e Osvaldo Francês, 1.ª edição — 1959 35$00

GUIA DE ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS
A. Herculano de Carvalho, 1.ª edição — 1961 90$00

CÁLCULO DE PÓRTICOS
G. Kani — Trad. da 7.ª edição alemã — 1962 75$00

MANUAL DE ESTRUTURAS
Brasão Farinha — 1.º VOLUME . . . . . (*)

BETÃO PREESFORÇADO
(A cargo dos participantes na Semana de Betão Preesforçado — I. S. T. — 1975) . . (*)

(*) *LIVROS A PUBLICAR BREVEMENTE*

Desconto de 10% aos assinantes

PEDIDOS À

técnica

**Carnaxide — Tel. 219 00 37**

técnica

NÚMERO 434 MARÇO DE 1976 ANO LI VOLUME XXXVII PUBLICAÇÃO MENSAL

DIRECTOR

Delmar Baptista

COLABORADORES

António Maria da Fonseca
José Agostinho Marques
Jorge Braz
Armando Ruano
Manuel M. S. Anastácio
José Luís S. V. Azevedo

DIRECÇÃO, REDACÇÃO E ADMINISTRAÇÃO

Av. Rovisco Pais, I. S. T. — Lisboa
Telefone 72 93 23

PROPRIETÁRIO

A. E. I. S. T.

●

| ASSINATURAS: | 5 n.os | 10 n.os |
|---|---|---|
| Continente e Ilhas | 140$00 | 250$00 |
| Países de língua Portuguesa e Espanha... ... ... ... | 150$00 | 270$00 |
| Estrangeiro ... ... | — | 300$00 |
| Número avulso ... | — | 35$00 |

Não se publica em Agosto e Setembro.

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos autores.

●

COMPOSIÇÃO E IMPRESSÃO:
**OF. GRÁFICAS DE RÁDIO RENASCENÇA**
**Rua Duques de Bragança, 6 — LISBOA-2**

# SUMÁRIO

**235 — L. VALADARES TAVARES — A investigação operacional na pós-graduação em engenharia civil: Proposta duma estrutura de cursos unificados.**

Operational research and post-graduation in civil engineering.

**241 — MARCO ANTÓNIO MONTEIRO D'OLIVEIRA — Análise de multiplicadores intersectoriais.**

Analysis of input-output multipliers.

**265 — J. J. DELGADO DOMINGOS, D. F. G. DURÃO e J. H. WHITELAW — The applicability of turbulence models and the experimental techniques for their verification.**

Aplicação de modelos de turbulência e de técnicas experimentais para a sua verificação.

**273 — F. M. MOREIRA SERRA e M. A. REI VILAR — Aproveitamento da energia nuclear.**

Use of nuclear energy.

**281 — QUINTINO ROGADO — Nota sobre a apropriação dos recursos minerais. Programador nacional de empreendimentos mineiros.**

Note on the appropriation of mineral resources. The mining computerized national designer.

# ÍNDICE ALFABÉTICO DOS ANUNCIANTES


| | Pág. |
|---|---|
| Construções Schréder ... ... ... ... ... ... ... ... | 2.ª da capa |
| Fanafel ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | IV |
| MAGUE ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | III |
| Novobra, Lda. ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | IV |
| Sociedade Portuguesa Cavan ... ... ... ... ... ... | II |
| S. K. F., Lda. ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | I |
| Sondagens e Fundações A. Cavaco ... ... ... ... | II |
| Sopecate ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... | II |

# SKF

A SKF não tem apenas rolamentos de esferas e de rolos .

Temos também rolamentos de agulhas

rótulas e embutes .

Evidentemente, temos do mesmo modo toda a espécie de acessórios para rolamentos.

Além disso a SKF fabrica muitos outros produtos de qualidade.

Rodas e carretos cónicos, por exemplo

Fusos roscados de rolamento de alta precisão que transformam o movimento de rotação em linear.

Fabricamos também machos cassonetes

e brocas .

O mesmo se passa com pontos rotativos .

E muitos sabem que também temos um bom Serviço Técnico.

**SOCIEDADE SKF LIMITADA**

LISBOA - PRAÇA DA ALEGRIA, 66-A
TELEF.: 362301 - TELEGR.: ESKAEF - TELEX: 12156

PORTO - RUA DELFIM FERREIRA, 604
TELEF.: 692054 - TELEGR.: ESKAEF

AC-M-2

# ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

## ESTUDOS • PESQUISAS CAPTAÇÕES

## Prontos para colaborar na reconstrução do País

**SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO, LDA.**

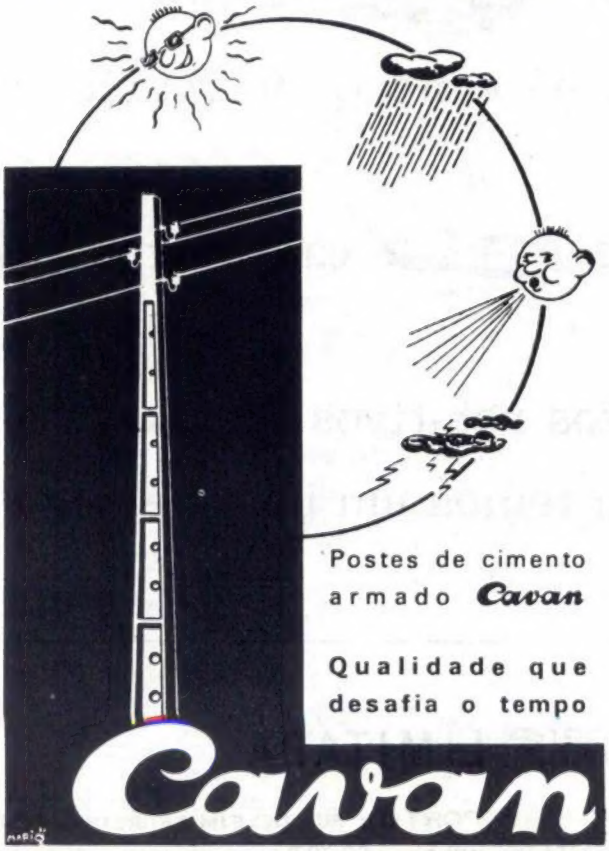
RUA RODRIGO DA FONSECA, 62 · LISBOA - 1
TEL. 56 11 71/4 · TELEX 12 476 ACAVAC P · TELEG. ACAVACO

FUNDAÇÕES ESPECIAIS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
CAPTAÇÕES DE ÁGUA

# Sopecate

ESPECIALISTA DESDE 1947

R. DO ARSENAL, 146 - 2°
Telf. 320208 - 364010 - 360437
LISBOA - 2



Postes de cimento armado *Cavan*

Qualidade que desafia o tempo

**Cavan**

Av. Visconde Valmor, 76-1.° - Tel. 766014 (7 linhas) Lisboa-1

# Já pensou...

... que o seu anúncio é muito eficaz se for publicado na revista que os seus clientes lêem? Os milhares de exemplares de cada número da nossa revista são lidos por engenheiros e técnicos, por pessoas ligadas à indústria, à investigação, ao ensino, pelos seus clientes, em suma. Consulte-nos

**técnica** REVISTA DE ENGENHARIA

Avenida Rovisco Pais - Lisboa 1 - Telef. 72 93 23

técnica

NÚMERO 434 MARÇO DE 1976 ANO LI VOLUME XXXVII PUBLICAÇÃO MENSAL

C. D. U. 519.283.001

# A investigação operacional na pós-graduação em Engenharia Civil: Proposta duma estrutura de cursos unificados [1]

L. VALADARES TAVARES [2]
Centro de Sistemas Urbanos e Regionais
das Universidades de Lisboa (IAC)

SUMÁRIO

*Analisam-se as potencialidades da Investigação Operacional perante as necessidades da Engenharia Civil indicando-se algumas das áreas em que o seu contributo poderá ter mais interesse.*

*Discutem-se as maiores dificuldades presentes na organização de cursos de pós-graduação em Engenharia Civil em pequenos países com escassos recursos humanos e materiais.*

*Utilizando a Física e a Investigação Operacional como principais factores de unificação metodológica propõe-se uma estrutura económica de cursos de pós-graduação suficientemente polivalentes e especializados para satisfazerem as necessidades dos referidos países.*

SUMMARY

*The potentialities of Operational Research for Civil Engineering are studied and major application areas are discussed.*

*Using Physics and Operational Research as basic scientific tools for a post-graduation in Civil Engineering, a structure of unified courses is proposed in order to obtain educational flexibility and economy.*

## 1. A INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL NA ENGENHARIA CIVIL

A Investigação Operacional tem como objectivo geral analisar o comportamento de sistemas reais e sintetizar as suas funções a fim de ensaiar as diversas estratégias de decisão viáveis e prever os seus resultados de modo a ser possível optimizar a sua escolha segundo escalas de valores claramente definidas.

Como se sabe, a Investigação Operacional, com uma metodologia própria e técnicas específicas, é de origem recente pois surgiu durante a 2.ª Guerra Mundial e cedo se orientou para as aplicações no domínio da Empresa e da Administração Pública por motivos de ordem histórica e sócio-económica podendo dizer-se que inicialmente recrutou a maioria dos seus profissionais entre matemáticos, economistas e «managers». Assim se compreende que, frequentemente, o engenheiro civil se sinta pouco familiarizado com a linguagem da Investigação Operacional pois

(1) Trabalho preparado para as adiadas 4.as Jornadas Luso-Brasileiras de Engenharia Civil.

(2) Eng.º Civil (I. S. T.), Master em Investigação Operacional (Universidade de Lancaster) e Doutor em Ciências de Engenharia (U. T. L.).

esta resultou de culturas científicas, ambientes de trabalho e problemas a resolver bem distintos dos que são tradicionalmente objecto da sua atenção. Entretanto, as aplicações da Investigação Operacional mais divulgadas foram justamente as dos seus primeiros anos de trabalho que, em geral, se afastam bastante das questões tratadas em engenharia civil.

Deste modo, só no princípio da década de 60 se iniciou um processo de descoberta da I. O. por parte de alguns engenheiros civis e que ainda hoje não atingiu a sua maioria.

Julga-se que as principais contribuições da I. O. para a engenharia civil são de dois tipos:

*a*) Desenvolver e aperfeiçoar métodos quantitativos de elaboração de modelos, avaliação e optimização de decisões.

*b*) Desenvolver uma metodogia comum para ramos diversos e para a análise de problemas materialmente distintos.

Em relação a *a*) deve notar-se que embora a maioria de tais métodos sejam de carácter matemático, passaram a ser desenvolvidos com um espírito diferente das investigações tradicionalmente realizadas pelos profissionais de matemática já que o seu principal objecto era desenvolver ferramentas úteis à compreensão e controle dos sistemas reais em lugar de procurar apenas construir teorias coerentes. Deste modo, ganhou grande importância a dialéctica «problema a resolver — método resolutivo» pelo que o desenvolvimento da «sintaxe» destes métodos passou a depender directamente da sua «semântica».

Os métodos de maior impacto na engenharia civil são talvez os seguintes:

1. Elaboração e ensaio de modelos. Simulação numérica de modelos não determinísticos. Geração de funções aleatórias, pseudo-aleatórias, quase-aleatórias e sub-aleatórias.
2. Aplicação da Teoria dos Processos Estocásticos ao estudo de sistemas dinâmicos e, ou, markovianos. (Por exemplo, formulação da Teoria das Filas de Espera e da Fiabilidade).
3. Análise de Grafos e de Redes.
4. Teoria Estatística da Decisão. Métodos de avaliação de Decisões (Custos-Benefícios, Custos-Eficácia, etc.).
5. Análise Previsional e Gestão de stocks.
6. Programação Matemática: Programação Linear, Quadrática, Geométrica, Inteira e Dinâmica.

No quadro seguinte apresentam-se algumas das principais áreas de aplicação.

| RAMOS DE ENG.ª CIVIL / MÉTODOS | PROJECTO DE ESTRUTURAS | ORGANIZAÇÃO E PROGRAMAÇÃO DE OBRAS | HIDRAULICA | PLANEAMENTO REGIONAL, URBANO E DE TRANSPORTES |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Simulação em computador do comportamento de estruturas submetidas a solicitações não determinísticas. | Simulação de obras. | Simulação de sistemas hídricos e hidrológicos. Simulação de escoamentos. | Modelos do comportamento de regiões e zonas urbanas. Simulação de tráfego. |
| 2 | — | Controle estatístico da qualidade. Análise probabilística da escassez de equipamento ou de meios humanos. | Teoria dos reservatórios. Gestão de sistemas hídricos. | Funcionamento de equipamento urbano ou regional. Teoria dos fluxos de tráfego. |
| 3 | Programação sequencial. | PERT, ARP, e outros métodos de controle da construção. | Optimização de redes de distribuição. | Sequenciação dos planos e trabalhos de urbanização e de redes de transporte. |
| 4 | Avaliação de projectos de estruturas. | Avaliação de decisões sobre ritmos de trabalho e tipos de equipamento. | Avaliação de planos e projectos de obras hídricas. Avaliação de políticas de utilização de sistemas hídricos. | Avaliação de decisões (A. I. D. A., etc.). Avaliação de redes e de soluções alternativas. |
| 5 | Predicção de solicitações e previsão da utilização das construções. | Gestão de materiais stockados. Previsão de mercados de materiais e de trabalho. | Previsão de consumos. Predição de afluências. Gestão de stocks hídricos. | Previsão demográfica, sociológica, económica e política. Stocks sociais. Previsão de tráfego. Gestão de stocks e de sistemas de distribuição. |
| 6 | Optimização do dimensionamento (exemplos: a utilização da Programação Linear no projecto de estruturas e de fundações por estacas e a utilização da Programação Dinâmica no projecto de estruturas reticuladas, tipo torre). | Afectação óptima de meios de construção e «Lay-out» óptimo de estaleiros (aplicando, por exemplo, a Pr. Linear). Optimização de processos de construção (por exemplo, de movimentação de terras na construção de vias de comunicação). | Optimização do projecto hidráulico (Pr. Geométrica, Linear, etc.). Optimização de regras de gestão (Pr. Dinâmica, etc.). | Teoria da localização. Optimização da afectação de recursos. Optimização de sistemas de distribuição e de planos de transporte. |

Quanto à Engenharia Civil, pode dizer-se que inclui dois grandes grupos de actividades:

*a*) Desenvolver e utilizar *modelos* que permitam compreender e controlar o comportamento de *meios materiais contínuos* (sólidos ou fluidos).
*b*) Planear, projectar, organizar e gerir *sistemas complexos* que implicam a *transformação* do *meio físico* que nos rodeia e cujo funcionamento e utilidade dependem em grande parte do comportamento das *colectividades* humanas neles interessadas.

Um conjunto de aproveitamentos hídricos, a rede de transportes duma região, o estaleiro e as actividades necessárias à construção duma edificação ou o equipamento social duma zona urbana são exemplos de tais sistemas. Ora acontece que, por razões em parte de ordem histórica, estes problemas estão enquadrados em ramos distintos da engenharia civil, respectivamente de hidráulica, de transportes, de estruturas-edificações e de urbanização.

Assim, cada uma destas especialidades desenvolveu técnicas e linguagens distintas para a resolução dos seus problemas sendo por vezes reduzida a comunicação e o intercâmbio entre os seus especialistas já que pertencem a domínios distintos. Sem dúvida que a Investigação Operacional proporciona um corpo metodológico comum a estas diversas questões contribuindo assim decisivamente para que:

*a*) Além da diversidade externa e fenomenológica dos sistemas em jogo se descubra tudo o que têm de comum, idêntico ou semelhante.
*b*) Se reunam os esforços dos especialistas de ramos distintos no sentido de melhor resolver estes problemas.
*c*) Se desenvolva uma atitude científica e metodológica própria e comum.
*d*) Se forge uma linguagem geral, portanto, com apreciável grau de abstração e por isso mesmo aplicável com rigor a uma gama extensa de fenómenos diversos.

## 2. VIABILIDADE DE CURSOS DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

À semelhança do que aconteceu noutros domínios, também na engenharia civil se sentiu a necessidade de organizar acções de ensino que fornecessem uma formação científica e técnica intensa e profunda nas suas diversas especialidades. Consequentemente, e principalmente em países com maiores disponibilidades humanas ou materiais e com mercados de trabalho de maior dimensão surgiram inúmeros cursos universitários com estes objectivos.

Em contrapartida, nos países com menores capacidades, a pós-graduação em engenharia civil tem tardado a aparecer e relativamente às restantes formas de engenharia não tem sido das primeiras a surgir, devendo notar-se ainda que as acções geralmente propostas apenas cobrem algumas especialidades da engenharia civil.

Este facto é aparentemente paradoxal se se tiver presente que a engenharia civil é justamente um dos ramos de engenharia com maiores tradições, prestígio científico/técnico e impacto nalgumas dessas sociedades.

Portugal pode talvez servir como exemplo de tais países pois a sua actividade em engenharia civil tem renome internacional e, no entanto, pode dizer-se que só agora se iniciam os primeiros cursos de pós-graduação em engenharia civil.

Sem dúvida que os bloqueamentos políticos, as distorções sociais e o anquilosamente das estruturas universitárias são causas importantes deste lamentável atraso.

Todavia, há outras dificuldades que importa não ignorar e das quais resulta a inviabilidade social e económica de muitas propostas sonhadas.

Na verdade, um curso de pós-graduação em engenharia civil para atingir os seus objectivos e ser viável deverá satisfazer a certas condições básicas:

1) Ser suficientemente especializado para poder dar uma formação profunda, teórica e aplicada que permita a resolução com alto nível científico e técnico de problemas reais da engenharia civil.
2) Preparar profissionais com uma formação suficientemente flexível para que se possam vir a adaptar às características da procura de trabalho nacional.
3) Cobrirem o espectro dos principais ramos da engenharia civil.
4) Não implicarem dispêndios paralelos de elevados meios humanos e materiais.

É obviamente difícil conciliar 1) e 2) ou 3) e 4). Nesse sentido, julga-se que a introdução da atitude metodológica própria da I. O. e dos seus métodos na pós-graduação em engenharia civil pode ajudar bastante a conseguir a conciliação referida. Na verdade, julga-se que pode ajudar a aumentar a polivalência da formação dada sem reduzir o seu grau de especialização, e, simultaneamente, obter apreciáveis economias na organização dos cursos, reduzindo-se tão quanto possível as acções paralelas.

Neste sentido se propõe no capítulo seguinte um esquema de cursos de pós-graduação em engenharia civil.

## 3. ESTRUTURA PROPOSTA PARA A PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL NUM PEQUENO PAÍS COM ESCASSOS RECURSOS

Como se já indicou em 1. classificam-se as actividades da engenharia civil em dois grandes grupos:

*A*) Elaboração e utilização de modelos físicos de meios materiais contínuos.

*B*) Projecto e gestão de sistemas que transformam o meio físico e servem colectividades mais ou menos vastas.

Com o fim de garantir uma formação especializada e polivalente bem como de minimizar os encargos humanos e materiais associados propõe-se a realização de dois cursos A e B, com a duração de 18 meses (para participantes em full-time) e com os módulos seguintes:

| MÓDULO | FINALIDADE | DURAÇÃO (SEMANAS) |
|---|---|---|
| 1 | Propedêutica | 10 |
| 2 | Fundamentos Científicos | 10 |
| 3 | Métodos e Modelos | 10 |
| 4 | Aplicações | 16 |
| 5 | Estágio e elaboração de dissertação ou projecto | 20 (1) |

Como primeira sugestão podem indicar-se os seguintes temas a ensinar:

| MÓDULOS | CURSO | |
|---|---|---|
| | A | B |
| 1<br>Propedêutica | — Análise Funcional.<br>— Complementos de Cálculo Diferencial e Integral.<br>— Resolução de equações diferenciais.<br>— Cálculo Matricial.<br>— Análise Numérica e Programação.<br>— Elementos de Estatística. | — Complementos de Cálculo Diferencial e Integral (incluindo o estudo da resolução de equações diferenciais).<br>— Cálculo Matricial.<br>— Algebra de Boole.<br>— Análise Numérica e Programação.<br>— Teoria das Probabilidades.<br>— Estatística Descritiva. |
| 2<br>Fundamentos Científicos | — Mecânica dos Sistemas Materiais.<br>— Física dos Meios Contínuos. Mecânica dos Sólidos e dos Fluidos.<br>— Geologia e Hidrologia.<br>— Mecânica de Solos.<br>— Princípios da Organização Espacial. | — Inferência Estatística.<br>— Teoria dos Modelos e da Simulação.<br>— Ciências Geofísicas. Elementos de Bioquímica.<br>— Bases de Ecologia<br>— Bases de Sociologia e Económica.<br>— Introdução às Teorias Políticas do Desenvolvimento.<br>— Ciência Regional. |
| 3<br>Métodos e Modelos | — Métodos Experimentais. Construção de Modelos Materiais e Matemáticos.<br>— Métodos de Ensaio Numérico.<br>— Métodos de Análise Estrutural.<br>— Hidráulica Geral: métodos de análise e controle de escoamentos viscosos e turbulentes.<br>— Análise de Solicitações. | — Processos Estocásticos (Séries cronológicas, processos de espera e substituição).<br>— Redes e Grafos.<br>— Métodos de Optimização e de Análise de Decisões.<br>— Modelos Ecológicos, Sócio-económicos e Urbano-regionais.<br>— Avaliação de Projectos e definição de objectivos. Escalas de valor. |
| 4<br>Aplicações | OPÇÕES<br>a — Edificações.<br>b — Estruturas Especiais.<br>c — Fundações.<br>d — Hidráulica. | OPÇÕES<br>a — Planeamento Regional, Urbano e de Transportes.<br>b — Engenharia do Ambiente.<br>c — Organização da construção.<br>d — Recursos Hídricos. |

(1) Durante estas semanas prevê-se a possibilidade dos participantes realizarem algumas outras actividades desde que estejam directamente relacionadas com o assunto do seu estágio e com as actividades científicas do curso (por exemplo, dar apoio docente aos alunos do próximo curso ou colaborar em projectos de investigação).

CURSO A

| OPÇÕES | TEMAS |
|---|---|
| Edificações | — Viabilidade dos empreendimentos.<br>— Funções habitacionais e organização do espaço edificado.<br>— Materiais e processos de construção.<br>— Soluções construtivas.<br>— Cadernos de encargos. |
| Estruturas especiais | — Métodos avançados de concepção, projecto e construção de estruturas especiais. |
| Fundações | — Comportamento físico do conjunto fundação-solo.<br>— Projecto de fundações.<br>— Tecnologia das fundações. |
| Hidráulica | — Hidrologia de águas superficiais e subterrâneas.<br>— Hidráulica fluvial e marítima.<br>— Hidráulica agrícola e urbana.<br>— Aproveitamentos hidro-eléctricos.<br>— Planeamento e gestão de sistemas de recursos hídricos (noções básicas). |

CURSO B

| OPÇÕES | TEMAS |
|---|---|
| Planeamento Regional, Urbano e de Transportes | — Modelos regionais e urbanos.<br>— Modelos de sistemas de transporte.<br>— Planeamento e projecto do desenvolvimento regional e urbano. |
| Engenharia do Ambiente | — Hidráulica aplicada à engeharia do ambiente.<br>— Factores de degradação do ambiente.<br>— Higiene e Saúde Pública. Qualidade do ambiente.<br>— Planeamento de intervenções para recuperar e melhorar o ambiente.<br>— Projecto de infra-estruturas e sistemas de saneamento. |
| Organização da Construção | — Economia da construção.<br>— Organização do «processo de construção».<br>— Métodos de trabalho e planeamento de obra. Organização de estaleiros. Gestão de recursos humanos e materiais. |
| Recursos Hídricos | — Hidráulica aplicada ao estudo de sistemas de recursos hídricos.<br>— Sociologia e Economia dos sistemas de recursos hídricos (aspectos sectoriais e regionais).<br>— Planeamento de sistemas de recursos hídricos.<br>— Optimização e gestão de sistemas de recursos hídricos. |

A conclusão com aproveitamento dos três primeiros módulos dará direito a um diploma de aprovação num «Curso sobre Aplicações de Física à Engenharia Civil» ou «Curso sobre Sistemas em Engenharia Civil» conforme se trate do curso A ou B.

A conclusão com aproveitamento dos 5 módulos dará direito a um diploma adicional que concede o grau de «Mestre» no tema da opção escolhida. Assim, por exemplo, «Mestre em Planeamento Regional, Urbano e de Transportes» ou «Mestre em Estruturas Especiais».

Também com estes sistemas de diplomas se pretende garantir aos estudantes a possibilidade de trabalho não só no tema da especialização mas também nos assuntos mais vastos em que se formaram durante quase um ano.

## 4. CONCLUSÕES

Utilizando a Investigação Operacional e a Física como os dois principais fundamentos metodológicos da Engenharia Civil foi possível propor uma estrutura de cursos unificados de pós-graduação em Engenharia Civil.

Julga-se que estes cursos correspondem às carências e aos condicionalismos de países com pequenos mercados de trabalho, excassos recursos e manifesta necessidade de engenheiros civis com profunda preparação científica e elevado grau de especialização para poderem acelerar o seu processo de desenvolvimento.

# MAGUE

«Pórtico rolante eléctrico de 90t-30t/12m em serviço na Central da Valeira, da Companhia Portuguesa de Electricidade».

| | |
|---|---|
| PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS | *Projecto e fabrico* |
| TURBINAS HIDRÁULICAS | *Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.* |
| TURBINAS A VAPOR | *Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.* |
| CALDEIRAS A VAPOR | *Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.* |
| EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS | |

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

# FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

TELEF. 5 20 91/2/3 — OVAR - PORTUGAL — TELEG. FELTROS

FELTROS TECIDOS
TECIDOS FILTRANTES E INDUSTRIAIS

de fibras naturais ou sintéticas, puras ou em mistura
em qualquer formato e dimensão
para

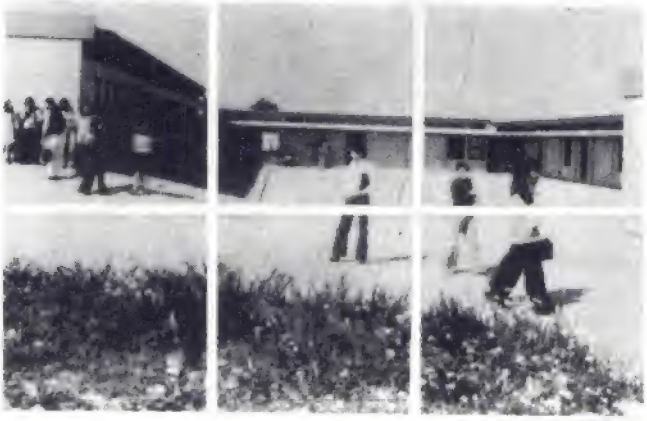
Indústria papeleira
Pastas para papel
Fibrocimento
Curtumes
Industriais têxteis
Estamparia
Acabamentos
Lavandarias
Hospitais e Hotéis
Lonas em sintético

Correias transportadoras
Indústrias químicas
Filtração de água
Cervejas
Refrigerantes
Lacticínios
Azeite e produtos oleosos
Produtos gordurosos
Geleias

Vinhos
Açúcar
Farinhas alimentares
Sabões e detergentes
Cerâmicas
Captação e recuperação de poeiras
Despoeiragens
Tubos de ventilação
etc., etc., etc.

OS NOSSOS SERVIÇOS TÉCNICOS ESTÃO SEMPRE À VOSSA INTEIRA DISPOSIÇÃO PARA ESTUDAR QUALQUER PROBLEMA DE TECIDOS INDUSTRIAIS

# PRÉ-FABRICAÇÃO
em betão



MOITA

EDIFÍCIOS ESCOLARES
HABITAÇÃO SOCIAL
ESCRITÓRIOS
FÁBRICAS
MORADIAS
ETC.

materiais novobra

Fábricas em: Lisboa, Leiria, Lagoa, Guarda e Moita,
Stands de exposição em: Aveiro, Évora e Faro
Sede: Av. Est. Unidos da América, 100, 5.º - Dto. - Lisboa 5
Telefones - Serviços Administrativos: 77 48 32-77 29 53 · Telex: 18375 Novoba P
Serviços Técnicos: 71 41 16/7/8-71 93 31/2

CONSTRUA COM CONFIANÇA - CONSULTE-NOS

MEXIA HEITOR E BRASÃO FARINHA

# TABELAS PARA O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO

TECNICA
revista da associação dos estudantes do Instituto Superior Técnico
LISBOA

NÚMERO 434 MARÇO DE 1976 ANO LI VOLUME XXXVII

C. D. U. 330.115

# Análise de multiplicadores intersectoriais

MARCO ANTÓNIO MONTEIRO D'OLIVEIRA (¹)

**SUMÁRIO**

*Este artigo define os diferentes tipos de multiplicadores existentes nos modelos intersectoriais de Leontief e utiliza-os na identificação dos sectores estratégicos da actividade económica. Para apoio estatístico reuniram-se algumas centenas de quadros de relações interindustriais, provenientes de diversos países em diferentes fases de desenvolvimento. Os quadros foram ordenados de acordo com o Produto Interno Bruto per capita de cada país e do ano de construção do quadro. Admitiu-se que para idêntica capitação do rendimento existem estruturas económicas semelhantes e problemas afins. A metodologia foi ensaiada com a economia portuguesa, supondo-se um incremento do rendimento nacional e as correspondentes alterações nos padrões de consumo.*

**SUMMARY**

*This paper is the abstract of a Ph. D. thesis on Analysis of Input-Output Multipliers. It defines different typer of multipliers embodied in input-output Leontief models and uses them to identify the key sectors of economic activity. The research is backed by a few hundred of input-output tables from different countries at different stages of development. The tables are referred to Gross Domestic Product per capita of the concerned country in the year the table was compiled. It is assumed that with similar G. D. P./capita the countries have common problems and parallel economic structures. The methodology is tested with Portugal assuming an increase of income and same changes of the consumption patterns.*

## 1 — APRESENTAÇÃO

O objectivo desta publicação é sumariar numa forma bastante acessível os resultados da investigação que prossegui durante os últimos três anos, em Inglaterra, no âmbito da Economia Industrial.

Este trabalho fica a dever-se em primeiro lugar ao Instituto de Alta Cultura de quem fui bolseiro. Depois compete-me agradecer ao Instituto Superior Técnico e ao Instituto Nacional de Investigação Industrial, onde sou respectivamente assistente e investigador do Serviço de Estudos Económicos, que me dispensaram dos afazeres habituais.

A investigação e pesquisa decorreu na Universidade de Bradford, sob a direcção do Prof. J. A. Bottomley chefe do Departamento de Economia. Aí foi o signatário membro de um interessante grupo de trabalho, do qual acabou por ser o único finalista da longa maratona, que são, em toda a parte, as provas de doutoramento. Como era simultaneamente o único estrangeiro do grupo, julga-se oportuno salientar a não discriminação nacional por parte das autoridades universitárias, bem como a sempre pronta e afável colaboração dos colegas.

Nos capítulos que se seguem apenas se refere com razoável desenvolvimento o que a tese contém de original no seu campo científico e que conduz a conclusões de utilidade imediata. Ao leitor interessado em maior detalhe informativo ou melhor definição dos conceitos recomenda-se a leitura da própria tese e bibliografia anexa.

Julga-se com este trabalho dar satisfação aos espíritos pragmáticos, ansiosos de chegar rapidamente às conclusões, embora desde já se lhes peça a maior prudência, quanto a generalizações apressadas.

Naturalmente que as Ciências Sociais, de que a Economia é um ramo, nunca poderão apresentar-se com o rigor que resulta da experiência laboratorial, mas se não se regeitarem corajosamente as especulações abusivas, nunca se distinguirá entre o conhecimento positivo e aquilo que não passam de hipóteses de trabalho em terreno inexplorado. Aliás várias vezes se insiste ao longo da tese no valor relativo e limitado das suas conclusões.

(¹) Resumo da Tese de doutoramento em Economia Industrial apresentada na Universidade de Bradford — Inglaterra, em Julho de 1975.

## 2 — PREÂMBULO

O enquadramento do tema é feito ao longo dos sete primeiros capítulos da tese, de que a seguir se referem os aspectos principais.

Uma breve introdução histórica selecciona o que sobre o assunto foi escrito nos últimos duzentos anos.

Embora a análise de relações interindustriais não seja uma nova teoria económica, mas apenas uma técnica de medida de fluxos económicos, é possível identificar a gestão desta técnica através de duas características fundamentais: *a*) divisão da Economia em sectores de actividade; *b*) recirculação dos bens produzidos.

Desde o setecentista «Tableau Économique» do fisiocrata François Quesnay, até à «Análise do Equilíbrio Geral» de Léon Walras, no fim do século passado, é possível escalonar o progresso científico que tornou possível no terceiro decénio deste século a representação, ainda que meramente descritiva, da interdependência das forças produtivas. Foi o americano por adopção, Wassily Leontief, que apoiado nos grandes progressos da Estatística, pôde dar realidade pela primeira vez ao mapa de circulação de riqueza sonhado pelos fisiocratas, bem como quantificar os coeficientes de fabricação concebidos por Walras. Daí em diante, com o crescente apoio das matemáticas que a econometria não pára de adaptar aos conceitos económicos, a análise interindustrial invade todos os domínios, desde a Educação à Medicina, passando pela ciência militar, meios de comunicação, etc.

No âmbito da ciência económica dois tipos de problemas dificultam a construção de um modelo de Leontief: a agregação e a avaliação em termos monetários.

O primeiro problema consiste na reunião num número aceitável de ramos de actividade da interminável série de diferentes processos produtivos. Em geral é considerada como dimensão máxima do modelo uma centena de sectores económicos. Para além deste limite é praticamente impossível qualquer interpretação de resultados. Ora como num mesmo sector as actividades produtivas nele agregadas não utilizam recursos nem produzem bens quantitativa e qualitativamente iguais, os parâmetros das funções de produção sectorial acabam por ser médias ponderadas das diferentes actividades intervenientes. Esta situação mais se agrava quando a agregação reúne no mesmo sector as diferentes fases de um processo produtivo, emitindo portanto as fases intermédias. Este tipo de agregação, também chamado consolidação é o que se pratica quando se inclui, por exemplo, sob a rubrica de sector têxtil as actividades de fiação, tecelagem e confecção de vestuário.

No presente trabalho toda a informação estatística foi agregada em dez sectores de actividade, indicando-se entre entre parêntesis os grupos correspandentes da Classificação Internacional das Actividades Económicas (I. S. I. C.).

1 — Agricultura (11, 12, 13)
2 — Exploração Mineira (21, 22, 23, 29)
3 — Indústrias Alimentares (31)
4 — Têxteis (32)
5 — Indústria Química (34, 35)
6 — Indústria Metalúrgica (37,38)
7 — Indústrias não Especificada (00, 33, 38, 39)
8 — Construção (36, 50)
9 — Energia (41, 42)
10 — Serviços (61, 62, 63, 71, 72, 81, 82, 91, 92, 93, 94, 95, 96)

Este nível de agregação resultou, como é habitual, de um compromisso entre o detalhe desejável e os dados disponíveis.

A avaliação em termos monetários foi o segundo problema atrás referido.

Efectivamente, embora o modelo de Leontief seja essencialmente um equilíbrio entre produções e consumos, na medida em que uns e outros são normalmente representados pelo seu equivalente monetário, esse equilíbrio representa de facto a igualdade entre vendas totais e custos totais de produção, incluindo nestas matérias-primas, salários, lucros, rendas, impostos, etc.

Desde já se pode imaginar a distorsão introduzida, ao comparar salários nos Estados Unidos com os da Europa ou da Asia, ou quando se assemelham as diferentes incidências da inflação e da fiscalidade de país para país, ou ainda quando se ignora a desigual perturbação que afecta os mercados internacionais de matérias-primas. As agências internacionais propõem índices correctores para o caso de desvios exagerados, mas em geral a informação referente a várias épocas e diferentes países mantém uma comparabilidade limitada.

Também na interpretação do modelo de Leontief não se deverá perder de vista uma outra limitação.

Viu-se anteriormente que os parâmetros das funções de produção são médias ponderadas de recursos utilizados, dependendo mais da proporção entre as diferentes indústrias integradas no mesmo ramo de actividade, que da tecnologia dominante nessas indústrias. Haverá que acrescentar agora que quando as unidades físicas não substituídas por unidades monetárias, aqueles parâmetros, habitualmente chamados coeficientes técnicos, passam a ser coeficientes financeiros dos custos de produção.

Uma vez que a quantificação monetária é, na grande maioria dos casos, o método adoptado na construção de quadros de relações interindustriais, as consequências de tal opção não poderão nunca ser esquecidas na interpretação dos resultados.

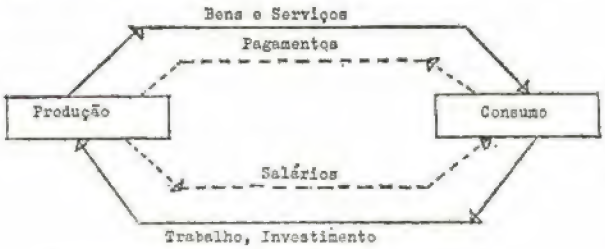
## 3 — DESENVOLVIMENTOS TEÓRICOS

Os cinco capítulos que constituem a parte III da tese abordam os aspectos teóricos, contendo alguns desenvolvimentos originais.

O conceito económico de multiplicador de emprego,

pela primeira vez apresentado por Lord Kahn e generalizado por Keynes e seus discípulos é posto em paralelo com os vários multiplicadores de Leontief para maior evidência de afinidades e diferenças.

Muito esquematicamente o modelo Keynesiano pode ser representado pelo diagrama tradicional




--------- circuitos monetários
——— bens e serviços

com a clássica formulação matemática

$$Y = C + Co + Io$$

em que Y — rendimento

Io — investimento autónomo

Co — consumo autónomo

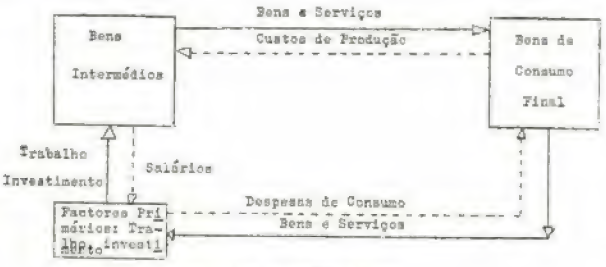
$C = \alpha Y$ — consumo induzido

Explicitando Y

$$Y = (1-\alpha)^{-1} (Co + Io)$$

em que $(1-\alpha)^{-1}$ é o multiplicador de rendimento e $\alpha$ a propensão para consumir.

O modelo de Leontief, desdobrado em bens intermédios, consumo final e factores primários de produção, terá esquematicamente a seguinte representação.




--------- circuitos monetários
——— bens e serviços

com $X = AX + Y$

em que Y — vector coluna representativo do consumo final e que será igual na sua totalidade aos factores primários

X — vector coluna representativo do total de produção de bens intermédios e finais

A — Matriz dos coeficientes técnicos.

Explicitando X

$$X = (I - A)^{-1} Y$$

em que $(I - A)^{-1}$ é geralmente chamada a matriz inversa de Leontief e I a matriz unitária.

Deverá agora desdobrar-se o vector do rendimento Y em consumo privado C* e o restante consumo E (público, investimento, stocks, etc.).

$$Y = C^* + E$$

Os factores primários, que se identificam com o valor acrescentado $V_t$ desdobram-se em salários S* e outras remunerações P (lucros, rendas, etc.)

$$V = S^* + P.$$

Por hipótese a totalidade dos salários $S_T$ deve igualar a totalidade do consumo privado $C_T$.

Se os elementos dos vectores S* e C* forem sectores de coeficientes técnicos, isto é, se cada um dos elementos Si for dividido pela produção sectorial Xi e cada um dos elementos Ci for dividido pelo consumo privado total $C_T$, o sector do consumo privado poderá ser representado pelo produto vectorial.

$$C.\ S.\ X = C^*$$

em que C e S são vectores de coeficientes técnicos.

Este consumo privado, a que também se chama consumo induzido, por estar directamente associado ao nível das remunerações, vai agora aparecer na equação básica.

$$X = AX + Y = AX + C^* + E = AX + CSX + E$$

donde $X = (I - A - CS)^{-1} E$

ou ainda $X = (I - A)^{-1} [I - CS (I - A)^{-1}]^{-1}. E$

A interdependência salários — consumo privado veio acrescentar um novo factor à equação básica.

$$X = (I - A)^{-1} Y$$

A matriz $[I - CS (I - A)^{-1}]^{-1}$ chamar-se-á *multiplicador multisectorial.*

A semelhança do multiplicador de Keynes $(1-\alpha)^{-1}$ onde $\alpha$ é a propensão para consumir, também aqui se chamará à matriz $C.S.(I-A)^{-1}$ a *propensão multisectorial para consumir.*

O efeito sobre o vector S (salários) resultante da individualização do consumo induzido, isto é, o multiplicador de rendimentos resultante do ciclo aumento de salários — aumento de consumo — aumento de salários, será o cociente entre os salários

$$S^*(I - A)^{-1} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (a)$$

e o mesmo vector S* agora afectado pelo multiplicador multisectorial

$$S^*(I - A)^{-1} [I - CS (I - A)^{-1}]^{-1} \ldots\ldots\ldots\ldots (b)$$

Fácil será verificar que a relação entre os sectores (a) e (b) é o escalar

$$[I-S(I-A)^{-1}C]^{-1}$$

a que se chamará *multiplicador de rendimento*.

Por analogia com o multiplicador de Keynes o produto vectorial $S(I-A)^{-1}C$ será chamado propensão privada para consumir ou simplesmente *propensão para consumir*.

*
* *

Tudo o que se disse a propósito da relação rendimento-consumo induzido poderá ser aplicado a qualquer outra actividade que se individualize numa coluna de procura final (consumos) e numa linha do valor acrescentado (produção). Será este o sistema mais eficaz de avaliar o efeito multiplicador de um projecto, desde que se saiba com satisfatória exactidão os recursos que mobiliza e a produção previsível.

Relativamente ao método de cálculo, desde que se disponha de um terminal de computador, é preferível acrescentar à matriz de coeficientes técnicos A, um novo sector constituído pelas linhas S e coluna C. A correspondente inversa de Leontief fornecerá coeficientes técnicos já afectados pelo novo sector, com a particularidade de o elemento da ordem (n+1, n+1) ser o multiplicador de rendimento atrás referido.

## 4 — PADRÕES DE DESENVOLVIMENTO

### 4.1 — Organização da Amostra

A informação estatística que baseou este projecto de investigação é constituído por várias centenes de quadros de relações inter-industriais reunidos pelo Departamento de Economia da Universidade de Bradford. Todos esses quadros foram agregados nos 10 sectores industriais referidos no capítulo 2 e ordenados conforme o rendimento por habitante do respectivo país, à data da elaboração de cada quadro.

O rendimento considerado foi o Produto Interno Bruto per capita. Trata-se de uma muito controversa medida de desenvolvimento sócio-económico, mas é provavelmente menos subjectiva e distorcida pelos particularismos nacionais que qualquer outro índice, com a vantagem de existirem nas publicações internacionais longas séries de valores.

A comparabilidade entre diferentes moedas obteve-se reduzindo todas elas a dólares dos Estados Unidos e deflacionando os resultados com o índice de preços do consumidor neste último país (quadro 1).

Das matrizes disponíveis seleccionaram-se 81, pertencentes a 38 países. Esta amostra foi distribuída por cinco níveis de rendimentos cujas fronteiras foram 250 dólares/capita, 750 dólares/capita, 1250 dódares/capita e 2000 dólares/capita. É convicção do autor que estas balizas correspondem aos saltos qualitativos no processo de desenvolvimento económico que a seguir se caracterizam.

Os países com menos de 250 dólares/capita dificilmente se desenvolvem por si mesmo, sendo o seu progresso lento e muito sensível a qualquer espécie de dificuldades externa, que a todo o momento podem travar o crescimento económico. Entre os 250 e os 1250 dólares por habitante os países poderão ser classificados como em vias de desenvolvimento na medida em que por si mesmos são capazes de manter o processo. Deverão distinguir-se neste estádio 2 etapas que se diferenciam ao nível dos 750 dólares/hab.: crescimento económico rápido e desiquilíbrado, com agravamento de tensões sociais, e desaceleração do crescimento económico, com correcção das distorções na distribuição do rendimento. Acima dos 1250 dól./ /hab. qualquer país tem, em geral, quadros humanos suficientemente qualificados e esclarecidos para se determinar sem intervenção externa, quanto ao progresso que pretende, sendo a rapidez com que atinge os 2000 dól./capita um dos indicadores da eficiência desses quadros. A partir de 1250 dól./habitante, salvo algumas excepções, poderá falar-se de países desenvolvidos.

Pensa-se que a distribuição da amostra por estas cinco classes de rendimento poderá contribuir para uma melhor interpretação das estruturas de produção ao longo do processo de desenvolvimento económico. Na prossecução desse objectivo definiram-se cinco indicadores económicos globais e quatro sectoriais

### 4.2 — Indicadores Globais

Para o conjunto das matrizes de relações inter-industriais compreendidas dentro de cada uma das classes de rendimento acima descritas, calcularam-se médias para os consumos e investimentos em cada sector e ainda para a relação Valor Acrescentado/ /Produção Total, para mupltiplicadores de rendimento e multiplicadores de investimento. Em todos os casos calculou-se o t da distribuição de «Student» verificando-se que os valores correspondentes a cada uma das médias caíam dentro do intervalo de confiança correspondente a 95 % de probabilidades. Os resultados finais constam do quadro 3.

Quanto aos padrões de consumo, nota-se que com rendimentos crescentes há um declínio do consumo agrícola que desce de primeiro abastecedor do sector privado (30 % da despesa total) para um modesto sexto lugar (5 % da despesa total). Em oposição crescem em valor absoluto e relativo os consumos provenientes das indústrias alimentares, têxteis, químicas, metalúrgicas, energia e serviços.

Os padrões de investimento são bastante mais incertos nas suas tendências.

A relação Valor Acrescentado/Produção Total é sempre decrescente com o rendimento se se ignorarem os dados correspondentes aos Estados Unidos, que parecem introduzir uma distorção na tendência geral.

O multiplicador de rendimento tem um andamento em U com um mínimo à roda dos 1000 dólares per capita, enquanto o multiplicador de investimento tem comportamento inverso, crescendo até cerca de 1500 dólares per capita, enquanto o multiplicador de investimento tem comportamento inverso, crescendo até cerca de 1500 dólares per capita, para depois decrescer com o aumento do rendimento.

### 4.3 — Indicadores Sectoriais

Os indicadores globais anteriormente descritos são índices intersectoriais, susceptíveis de produzirem conclusões quantitativas a respeito dos grandes agregados económicos nacionais. Os indicadores sectoriais são independentes sector por sector, e a subida de qualquer deles não implica uma necessária descida de outro ou outros. Estes últimos índices apenas fornecem indicações qualitativas e relações de ordem, havendo necessidade de especificar as características nacionais quando se pretende quantificar quaisquer conclusões.

Consideram-se quatro indicadores sectoriais:

*a*) Multiplicadores sectoriais de rendimento—são valores correspondentes à última linha da Inversa de Leontief, quando à matriz original é acrescentado o sector consumo — rendimento privado. Cada um desses números representa os efeitos directo, indirecto e induzido sobre os salários, resultantes do aumento de uma unidade de produção no ramo industrial correspondente à coluna da Inversa de Leontief em que esse número se encontra. O quadro 4 mostra que os Serviços são o sector com maior impacto sobre o emprego, seguido da Agricultura, Construções e Energia. As indústrias alimentares e os Têxteis estão numa posição intermédia, enquanto sectores Metalúrgico, Químicos e Minas são os menos significativos. O sector das Manufacturas não Especificadas, devido ao seu indefinido conteúdo, tem comportamento de interpretação difícil e interesse duvidoso.

*b*) Multiplicadores sectoriais de investimento — são os valores correspondentes à última linha da Inversa de Leontief, quando à matriz original é acrescentado o sector lucros — investimentos privados. O seu significado e comportamento é idêntico ao dos multiplicadores sectoriais de rendimento, o que aliás não surpreende, dado que o sector foi definido como uma parcela do Valor Acrescentado, proporcional aos salários.

*c*) Multiplicadores sectoriais de produção — são os números que constam da diagonal principal da Inversa de Leontief, correspondentes à matriz original. Cada número representa a totalidade dos efeitos sobre a produção do sector, quando a procura dos seus produtos aumenta de uma unidade.

Para mais fácil interpretação deste multiplicador imaginem-se dois sectores industriais A e B entre os quais exitem relações circulares, isto é, A utiliza produtos de B no seu processo produtivo e B também utiliza produtos de A. Seja o sector A aquele a quem foi exigido o aumento de produção de. uma unidade. Ele irá pedir a B um certo aumento de produção e B, por sua vez, entre as matérias-primas que utiliza, exigirá um pouco mais de produção ao sector A. Seja 10 % do impacto inicial o efeito que se reflecte sobre A. Então, se um aumento de procura de uma unidade de produtos A exige um aumento de produção igual a 1, numa segunda fase esse sector tem de aumentar a sua produção de mais 10 % do aumento inicial para poder satisfazer os seus próprios fornecedores, ou seja um aumento de 0,1. Mas o processo não pára aqui e o aumento de 0,1 na produção reflectir-se-á sobre o sector na proporção anterior, ou seja 10 % de 0,1, isto é, 0,01. Por este método interativo ir-se-á construindo o multiplicador de produção do sector A.

$$1+0{,}1+0{,}01+0{,}001+\ldots = 1{,}111\ldots$$

Relativamente a este multiplicador o sector de serviços, a produção agrícola, as indústrias químicas e alimentares, estão em posição de relevo, seguidas da construção e metalurgia, restando no fundo da escala os têxteis, minas e energia (quadro 6).

Esta ordenação expressa a decrescente interdependência dos sectores industriais.

*d*) Efeitos sectoriais de produção — são os totais das colunas da Inversa de Leontief correspondentes à matriz original. Cada um destes indicadores representa a totalidade do efeito (directo, indirecto e induzido) sobre o sistema produtivo, provocado pelo aumento de procura em cada um dos sectores industriais.

Relativamente ao multiplicador de produção anteriormente definido, acrescenta-lhe os efeitos indirectos, isto é, os aumentos de produção que cada sector é capaz de provocar em todos os outros. A interdependência industrial ganha aqui muito maior relevo, provo-

cando uma completa alteração na ordenação das indústrias (quadro 7). As indústrias alimentares e a construção estão em primeiro lugar, seguidas pelos têxteis, químicas e energia. As minas, metalurgia e serviços são os últimos sectores da classificação. A agricultura tem uma interessante evolução, subindo do décimo lugar para o terceiro, com o aumento do Rendimento Nacional, o que significa que de actividade artesanal e autosuficiente, se vai tornando pouco a pouco altamente industrializada e interdependente. A modesta posição das indústrias química e metalúrgica merece uma explicação. Embora se trate de indústrias complexas, elas dependem fundamentalmente de si próprias, isto é, as indústrias químicas produzem grande parte das matérias-primas que utilizam, o mesmo acontecendo com as metalúrgicas. O recurso a um elevado grau de agregação dos ramos industriais da amostra estatística disfarçou a situação específica destas indústrias, sobrevalorizando o multiplicador da produção e minimizando o efeito de produção total.

## 5 — APLICABILIDADE DO MÉTODO: PORTUGAL 1964-1980

A análise interindustrial, apesar de um certo ar revolucionário no tratamento dos problemas económicos, mais não fez do que quantificar os «coeficientes de fabricação» dos quadros Walrasianos do Equilíbrio Geral. Apesar de todos os antecedentes históricos que se lhe reconhecem, ou talvez por essa mesma razão, o modelo de Leontief nada inovou na teoria económica, mas apenas desenvolveu uma técnica de medida. De notar, no entanto, que a sua aplicabilidade é tão grande em todos os ramos das Ciências Sociais, que em pouco tempo se converteu numa ferramenta indispensável em qualquer investigação económica. Entretanto qualquer contributo para o seu aperfeiçoamento será sempre o aperfeiçoamento de uma técnica, isto é, uma melhoria das condições de utilização de determinado instrumento de trabalho. É este o caso da metodologia desenvolvida nos capítulos anteriores: será a sua utilidade que comprovará o seu interesse.

Por razões óbvias preferiu o autor experimentar o seu método com o caso português. Vários anos manuseando os problemas industriais portugueses permitem-lhe um melhor entendimento dos resultados e uma plausível generalização de conclusões.

O estudo de viabilidade a seguir descrito tem por objectivo a projecção para 1980 da matriz portuguesa de relações interindustriais elaborada em 1964, admitindo que o rendimento por habitante sobe de 9000$00 ($360 U.S.A.) em 1964, até 25 000$00 ($1000 U.S.A.) em 1980« os padrões de consumo e as remunerações dos factores primários (salários, lucros, etc.) foram corrigidos em conformidade com a melhoria do nível de vida, por semelhança com outros países que já atingiram idênticas situações de bem-estar. Não se alteraram os padrões de investimento por a sua influência ser reduzida e em geral paralela à evolução dos consumos.

Relativamente aos padrões de consumo admitiu-se que em 1980 Portugal se aproximaria das médias referentes a países situados entre os 750 e os 1250 dólares E. U. por habitante (ver quadro 3), mantendo no entanto certas características específicas que deverão cair dentro de aceitáveis limites de dispersão. Nomeadamente manteve-se acima da média os consumos de produtos agrícolas e das indústrias alimentares, têxteis, químicas e metalomecânicas. Os sectores de serviços, construções e minas continuarão abaixo da média. Estas particularidades nacionais são a projecção para um mais alto nível de rendimento dos desvios já verificados em 1964, relativamente à média dos países na mesma fase de desenvolvimento económico.

Concretamente prevêem-se os seguintes valores.

**Padrões de Consumo em Portugal**

| | 1964 | 1980 (previsão) |
|---|---|---|
| 1. Agricultura ... ... ... ... | 0,2002 | 0,1000 |
| 2. Minas ... ... ... ... ... | 0,0009 | 0,0020 |
| 3. Alimentares... ... ... ... | 0,2479 | 0,2500 |
| 4. Têxteis ... ... ... ... ... | 0,1416 | 0,1150 |
| 5. Químicas... ... ... ... ... | 0,0984 | 0,0880 |
| 6. Metalúrgicas ... ... ... | 0,0863 | 0,0800 |
| 7. Indústrias não especificadas ... ... ... ... ... | 0,0315 | 0,0300 |
| 8. Construção ... ... ... ... | 0,0160 | 0,0160 |
| 9. Energia ... ... ... ... ... | 0,0096 | 0,0190 |
| 10. Serviços ... ... ... ... ... | 0,1676 | 0,3000 |
| | 1,0000 | 1,0000 |

Relativamente à participação dos factores primários nos custos da produção ela apresenta tendência para decair com o aumento de rendimento. Efectivamente a automação de processos produtivos permite reduzir o volume de mão-de-obra a utilizar. A subida de remunerações não consegue compensar em termos monetários esta tendência, decaindo sempre a proporção de remunerações do trabalho, enquanto cresce a utilização de recursos materiais. Acontece porém que em Portugal aquela proporção já é por tal forma baixa, que não se vê como seja possível seguir a tendência geral. Julgou-se por isso preferível prever para 1980 valores, que embora abaixo da média, representam uma efectiva melhoria de remunerações. Na prática manteve-se sem alteração a proporção dos coeficientes técnicos das funções de produção e fez-se aumentar em 20 % a quantidade total dos factores primários. Como estes ocupam cerca de 50 % dos recursos totais, isso correspondeu a aumentar a sua participação em aproximadamente 10 % enquanto decresce na mesma

percentagem a utilização de matérias-primas. Na versão final e terminados os acertos sempre necessários, os valores utilizados foram os seguintes:

| | 1964 | 1980 (previsão) |
|---|---|---|
| Valor Acrescentado/Produção | 0,5031 | 0,5486 |

Entretanto convém esclarecer que o aumento de Valor Acrescentado não foi acompanhado de alteração das proporções entre as suas diferentes parcelas (salários, lucros impostos, subsídios, etc.) tudo se mantendo como em 1964. Esse seria um refinamento que se recomendaria no caso de uma matriz mais desagregada.

A projecção da matriz portuguesa de 1964 para 1980 apresenta os seguintes resultados, no que respeita aos indicadores definidos no capítulo anterior.

*a*) Indicadores Globais

| | 1964 | 1980 (previsão) |
|---|---|---|
| Multiplicador de rendimento | 2,3897 | 2,6255 |
| Multiplicador de investimento | 1,1643 | 1,2660 |

*b*) Indicadores Sectoriais

A pequena alteração introduzida nas funções da produção, com revalorização dos factores primários, bem como a modificação dos padrões de consumo, não eram de molde a introduzir transformações radicais nas prioridades sectoriais.

Entretanto poderá notar-se que os ramos industriais foram diferentemente afectados (ver quadro 10), embora não seja alterada a sua importância relativa. Entre os multiplicadores sectoriais de rendimento e investimento não houve alteração de ordem; com os multiplicadores de produção os pares Agricultura — Químicas e Minas — Energia trocam a ordem de 1964 para 1980; quanto aos efeitos da produção é apenas a Metalurgia que troca com a Energia.

Em consequência do elevado grau de agregação das actividades industriais não era de esperar que a primeira aplicação desta nova técnica de previsão económica à situação portuguesa fosse assinalada por espectaculares conclusões práticas. Pretendem-se fundamentalmente experimentar uma metodologia e julga-se poder concluir que a flexibilidade introduzida no Modelo Estático de Leontief pela alteração de factores exógenos (Valor Acrescentado e Consumo Privado), ou pela expansão do modelo produtivo a outras actividades, correspondeu ao que esperava.

Fica assim aberto o caminho a estudos sectoriais mais detalhados, desde que se disponha de maior desagregação das actividades industriais. Além da previsão económica atrás exemplificada, poderá associar-se à matriz inicial grandes projectos nacionais (Sines, por exemplo), com avaliação dos efeitos directos, indirectos, e ainda aqueles efeitos que tais projectos induzem em si mesmos. Também as consequências da nova tecnologia de um ramo industrial poderão ser avaliados, retirando do modelo a indústria afectada, alterando as suas funções de produção e consumo enquanto factores exógenos e reintegrando essa indústria no modelo, já na sua forma modernizada.

Uma vez que a definição de uma indústria como endógena ou exógena é um recurso táctico sempre possível, este método não sofre limites na sua generalidade. Ele fica, portanto, à disposição dos responsáveis da política económica como um modelo de simulação que permite sondar as consequências futuras de opções actuais, e o seu desvio relativamente às metas ambicionadas.

## ÍNDICE DE QUADROS

1 — Índice de preços no Consumidor nos Estados Unidos da América

2 — População da Amostra Estatística

3 — Indicadores Económicos Globais

4 — Multiplicadores Sectoriais de Rendimento

5 — Multiplicadores Sectoriais de Investimento

6 — Multiplicadores de Produção Sectorial

7 — Efeitos de Produção Sectorial

8 — Matriz Portuguesa 1964

9 — Matriz Portuguesa 1980 (previsão)

10 — Evolução dos Indicadores Sectoriais na Economia Portuguesa

QUADRO 1 — ÍNDICE DE PREÇOS NO CONSUMIDOR
PARA OS ESTADOS UNIDOS

| Ano | Índice | Ano | Índice |
|---|---|---|---|
| 1948 | 78 | 1960 | 97 |
| 1950 | 78 | 1961 | 98 |
| 1951 | 84 | 1962 | 99 |
| 1952 | 86 | 1963 | 100 |
| 1953 | 87 | 1964 | 101 |
| 1954 | 87 | 1965 | 103 |
| 1955 | 87 | 1966 | 106 |
| 1956 | 88 | 1967 | 109 |
| 1957 | 91 | 1968 | 114 |
| 1958 | 94 | 1969 | 120 |
| 1959 | 95 | 1970 | 127 |

## QUADRO 2 — POPULAÇÃO DA AMOSTRA

| P. I. B./capita $ U.S.A. | 0 | 250 | 750 | 1250 | 2000 |
|---|---|---|---|---|---|
| Austrália 1962/63 | | 1 | | | |
| Austrália 1962/63 | | | | 1 | |
| Belgium 1965 | | | | 1 | |
| Brasil 1959 | 1 | | | | |
| Ceylon 1965; 68 | 2 | | | | |
| Denmark 1966 | | | | | 1 |
| Finland 1959; 65 | | | 1 | 1 | |
| France 1959; 62; 65; 66; 67; 68; 69 | | | 1 | 4 | 2 |
| Germany 1953 | | | 1 | | |
| Greece 1958; 66 | | 2 | | | |
| India 1951/52; 53/54; 59; 64/65 | 4 | | | | |
| Iran 1965 | 1 | | | | |
| Iraq 1960; 61; 62; 63 | | 4 | | | |
| Ireland 1964; 68 | | | 2 | | |
| Israel 1968/69 | | | 1 | | |
| Italy 1953; 59; 67; 69 | | 2 | 2 | | |
| Japan 1951; 54; 65 | 1 | 1 | 1 | | |
| Kenya 1969 | 1 | | | | |
| Korea 1960; 66; 68; 70 | 4 | | | | |
| Malaysia 1960; 65 | 1 | 1 | | | |
| Morocco 1958; 64; 66; 69 | 4 | | | | |
| Netherland 1965 | | | | 1 | |
| New Zealand 1959/60 | | | | 1 | |
| Norway 1950; 54; 59; 64 | | | 3 | 1 | |
| Pakistan 1954 | 1 | | | | |
| Peru 1968 | | 1 | | | |
| Philippines 1961; 65 | | 2 | | | |
| Portugal 1964 | | 1 | | | |
| Rhodesia 1965 | 1 | | | | |
| South Africa 1956/57 | | 1 | | | |
| Spain 1954; 58; 62; 65 | 1 | 3 | | | |
| Sweden 1964 | | | | | 1 |
| Syria 1956 | | 1 | | | |
| Taiwan 1961; 64 | 2 | | | | |
| Turkey 1963; 67 | 1 | 1 | | | |
| United Kingdom 1948; 63; 68 | | | 1 | 2 | |
| United States 1958; 63; 67 | | | | | 3 |
| Zambia 1965; 67; 69 | 1 | 2 | | | |
| TOTAL | 26 | 23 | 13 | 12 | 7 |

## QUADRO 3 — INDICADORES GLOBAIS

| P. I. B./capita $ U.S.A. | 0 | 250 | 750 | 1250 | 2000 |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Indicadores Gerais | P. I. B./Produção Total | 0.6582 | 0.6181 | 0.5925 | 0.5775 | 0.6080 |
| | Multiplicador de Rendimento | 3.2825 | 2.4239 | 1.9182 | 2.0609 | 2.2575 |
| | Multiplicador de Investimento | 1.1213 | 1.1454 | 1.2270 | 1.2513 | 1.2194 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Padrões de Consumo | 1. Agricultura | 0.3174 (1) | 0.1939 (3) | 0.0822 (4) | 0.0708 (4) | 0.0426 (6) |
| | 2. Minas | 0.0021 (10) | 0.0009 (10) | 0.0047 (10) | 0.0086 (10) | 0.0023 (10) |
| | 3. Alimentares | 0.1756 (3) | 0.2160 (2) | 0.2173 (2) | 0.2157 (2) | 0.1786 (2) |
| | 4. Têxteis | 0.0846 (4) | 0.1003 (4) | 0.0906 (3) | 0.0947 (3) | 0.0791 (3) |
| | 5. Químicas | 0.0383 (5) | 0.0466 (5) | 0.0442 (5) | 0.0564 (6) | 0.0660 (5) |
| | 6. Metalúrgicas | 0.0232 (6) | 0.0311 (6) | 0.0413 (6) | 0.0658 (5) | 0.0769 (4) |
| | 7. Não Especificadas | 0.0131 (8) | 0.0227 (7) | 0.0239 (7) | 0.0367 (7) | 0.0390 (7) |
| | 8. Construções | 0.0167 (7) | 0.0095 (9) | 0.0196 (8) | 0.0187 (9) | 0.0069 (9) |
| | 9. Energia | 0.0112 (9) | 0.0103 (8) | 0.0190 (9) | 0.0222 (8) | 0.0237 (8) |
| | 10. Serviços | 0.2955 (2) | 0.3322 (1) | 0.3990 (1) | 0.3969 (1) | 0.4647 (1) |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Padrões de Investimento | 1. Agricultura | 0.0524 (4) | 0.0424 (4) | 0.0197 (4) | 0.0151 (5) | 0.0063 (6) |
| | 2. Minas | 0.0206 (6) | 0.0102 (9) | 0.0030 (9) | 0.0014 (10) | 0.0006 (9) |
| | 3. Alimentares | 0.0136 (8) | 0.0157 (8) | 0.0098 (8) | 0.0037 (9) | 0.0056 (8) |
| | 4. Têxteis | 0.0163 (7) | 0.0174 (7) | 0.0158 (7) | 0.0047 (7) | 0.0062 (7) |
| | 5. Químicas | 0.0122 (9) | 0.0198 (6) | 0.0162 (6) | 0.0144 (6) | 0.0120 (5) |
| | 6. Metalúrgicas | 0.2584 (2) | 0.2829 (2) | 0.3082 (2) | 0.3984 (2) | 0.3374 (2) |
| | 7. Não Especificadas | 0.0379 (5) | 0.0246 (5) | 0.0189 (5) | 0.0239 (4) | 0.0268 (4) |
| | 8. Construções | 0.5033 (1) | 0.4252 (1) | 0.5207 (1) | 0.4938 (1) | 0.5418 (1) |
| | 9. Energia | 0.0001 (10) | 0.0009 (10) | 0.0013 (10) | 0.0046 (8) | 0.0001 (10) |
| | 10. Serviços | 0.0571 (3) | 0.0782 (3) | 0.0616 (3) | 0.0573 (3) | 0.0552 (3) |

QUADRO 4 — MULTIPLICADORES SECTORIAIS DE RENDIMENTO

| $ U.S.A./ /capita | 0 | 250 | 750 | 1250 | 2000 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Serviços | Serviços | Serviços | Serviços | Serviços |
| 2 | Agric. | Agric. | Energia | Const. | Const. |
| 3 | Const. | Energia | Const. | Energia | Agric. |
| 4 | Energia | Const. | Agric. | Agric. | Não Espec. |
| 5 | Aliment. | Aliment. | Não Espec. | Aliment. | Energia |
| 6 | Minas | Minas | Aliment. | Não Espec. | Aliment. |
| 7 | Têxteis | Têxteis | Têxteis | Têxteis | Têxteis |
| 8 | Não Espec. | Não Espec. | Químicas | Minas | Minas |
| 9 | Químicas | Químicas | Minas | Químicas | Metalurg. |
| 10 | Metalurg. | Metalurg. | Metalurg. | Metalurg. | Químicas |

QUADRO 5 — MULTIPLICADORES SECTORIAIS DE INVESTIMENTO

| $ U.S.A./ /capita | 0 | 250 | 750 | 1250 | 2000 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Serviços | Serviços | Serviços | Serviços | Serviços |
| 2 | Agric. | Energia | Energia | Const. | Const. |
| 3 | Energia | Agric. | Const. | Energia | Agric./Não Espec. |
| 4 | Const. | Const. | Agric. | Agric. | |
| 5 | Aliment. | Aliment. | Não Espec. | Aliment. | Energia |
| 6 | Minas | Minas | Têxteis | Não Espec. | Aliment. |
| 7 | Têxteis | Têxteis | Aliment. | Têxteis | Têxteis |
| 8 | Não Espec. | Não Espec. | Químicas | Minas | Metalurg. |
| 9 | Químicas | Químicas | Minas | Químicas | Minas |
| 10 | Metalurg. | Metalurg. | Metalurg. | Metalurg. | Químicas |

QUADRO 6 — MULTIPLICADORES DE PRODUÇÃO SECTORIAL

| $ U.S.A./ /capita | 0 | 250 | 750 | 1250 | 2000 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Serviços | Serviços | Serviços | Agric. | Serviços |
| 2 | Químicas | Químicas | Não Espec. | Aliment. | Agric. |
| 3 | Agric. | Agric. | Aliment. | Serviços | Aliment. |
| 4 | Não Espec. | Aliment. | Agric. | Químicas | Químicas |
| 5 | Metalurg. | Não Espec. | Químicas | Metalurg. | Metalurg. |
| 6 | Aliment. | Metalurg. | Const. | Const. | Const. |
| 7 | Const. | Const. | Metalurg. | Minas/Energia | Não Espec. |
| 8 | Energia | Minas | Energia | | Energia |
| 9 | Minas | Energia | Minas | Não Espec. | Minas |
| 10 | Têxteis | Têxteis | Têxteis | Têxteis | Têxteis |

QUADRO 7 — EFEITOS DE PRODUÇÃO SECTORIAL

| $ U.S.A./ /capita | 0 | 250 | 750 | 1250 | 2000 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Aliment. | Aliment. | Aliment. | Aliment. | Aliment. |
| 2 | Não Espec. | Const. | Não Espec. | Const. | Const. |
| 3 | Const. | Não Espec. | Const. | Não Espec. | Agric. |
| 4 | Têxteis | Têxteis | Têxteis | Agric. | Têxteis |
| 5 | Energia | Energia | Químicas | Têxteis | Não Espec. |
| 6 | Químicas | Químicas | Energia | Energia | Químicas |
| 7 | Metalurg. | Agric. | Agric. | Químicas | Minas |
| 8 | Minas | Minas | Metalurg. | Minas | Energia |
| 9 | Serviços | Metalurg. | Serviços | Metalurg. | Metalurg. |
| 10 | Agric. | Serviços | Minas | Serviços | Serviços |

## QUADRO 8 — MATRIZ PORTUGUESA 1964

**INPUT-OUTPUT TABLE** MN ESC.

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 0.00 | 10.50 | 11832.10 | 2809.40 | 709.90 | 3.30 | 1717.30 | 96.30 | 0.10 | 31.10 |
| MINING | 2 | 25.50 | 0.00 | 27.60 | 35.30 | 1292.20 | 193.40 | 31.20 | 632.30 | 39.10 | 44.50 |
| FOODSTUFFS | 3 | 914.50 | 0.00 | 0.00 | 428.90 | 332.30 | 0.10 | 2.10 | 0.20 | 0.00 | 90.50 |
| TEXTILES | 4 | 92.00 | 0.00 | 22.40 | 0.00 | 228.40 | 36.10 | 39.50 | 12.50 | 2.20 | 84.50 |
| CHEMICALS | 5 | 2094.30 | 90.40 | 340.80 | 1089.20 | 0.00 | 812.60 | 315.10 | 819.40 | 88.40 | 2217.00 |
| METAL MNFG. | 6 | 358.20 | 0.00 | 371.10 | 87.10 | 220.60 | 0.00 | 325.70 | 2075.00 | 69.00 | 951.50 |
| UNSP. MNFG. | 7 | 56.30 | 0.00 | 32.30 | 80.10 | 14.10 | 125.40 | 0.00 | 773.20 | 2.60 | 393.50 |
| CONSTRUCTION | 8 | 4.20 | 0.00 | 26.80 | 1.50 | 71.10 | 108.10 | 19.80 | 0.00 | 182.00 | 545.30 |
| ENERGY | 9 | 15.30 | 23.60 | 152.10 | 212.40 | 323.80 | 178.50 | 66.90 | 187.80 | 0.00 | 620.90 |
| SERVICES | 10 | 6611.00 | 282.10 | 2815.10 | 2499.60 | 3048.50 | 1885.50 | 820.10 | 586.90 | 17.50 | 0.00 |
| INTERMED. INPUT | | 10171.30 | 406.60 | 15620.30 | 7243.50 | 6240.90 | 3343.00 | 3337.70 | 5183.60 | 400.90 | 4978.80 |
| VALUE ADDED TOT. | | 18132.90 | 863.70 | 5288.00 | 6696.60 | 6193.20 | 7343.90 | 2496.60 | 7469.70 | 2236.90 | 31881.50 |
| HOUSEHOLDS | 11 | 13850.00 | 660.00 | 4100.00 | 5100.00 | 4700.00 | 5630.00 | 1910.00 | 5730.00 | 1715.00 | 24163.50 |
| PROFITS | 12 | 3895.00 | 184.00 | 1089.00 | 1454.00 | 1364.00 | 1559.00 | 536.00 | 1589.00 | 479.00 | 7072.40 |
| REMAINDER | | 387.90 | 19.70 | 99.00 | 142.60 | 129.20 | 154.90 | 50.60 | 150.70 | 42.90 | 645.60 |
| TOTAL INPUT | | 28304.20 | 1270.30 | 20908.30 | 13940.10 | 12434.10 | 10686.90 | 5834.20 | 12653.30 | 2637.80 | 36860.30 |
| IMPORT COLUMN | | 6616.80 | 2336.20 | 1746.50 | 1311.20 | 5515.20 | 10848.20 | 951.50 | 494.70 | 2.60 | 750.50 |
| INTERMED. OUTPUT | | 17210.00 | 2321.10 | 1768.60 | 517.60 | 7867.20 | 4458.20 | 1477.50 | 958.80 | 1781.30 | 18566.30 |
| FINAL DEMAND | | 17711.00 | 1285.40 | 20886.20 | 14733.70 | 10082.10 | 17076.90 | 5308.30 | 12189.20 | 859.10 | 19044.50 |
| TOTAL DOMESTIC | | 16028.10 | 433.20 | 18823.60 | 10764.60 | 7748.10 | 15705.10 | 2932.20 | 11656.60 | 859.10 | 12615.90 |
| HOUSEHOLDS | 11 | 14743.40 | 67.20 | 18262.80 | 10426.10 | 7250.60 | 6359.80 | 2317.30 | 1178.60 | 706.70 | 12346.00 |
| INVESTMENTS | 12 | 1100.00 | 315.00 | 482.00 | 290.00 | 428.00 | 8075.00 | 528.00 | 9048.50 | 131.00 | 232.00 |
| REMAINDER | | 184.70 | 51.00 | 78.80 | 48.50 | 69.50 | 1270.30 | 86.90 | 1429.50 | 21.40 | 37.90 |
| EXPORTS | | 1682.90 | 852.20 | 2062.60 | 3969.10 | 2334.00 | 1371.80 | 2376.10 | 532.60 | 0.00 | 6428.60 |
| GROSS OUTPUT | | 34921.00 | 3606.50 | 22654.80 | 15251.30 | 7949.30 | 21535.10 | 6785.80 | 13148.00 | 2640.40 | 37610.80 |

**TECHNICAL COEFFICIENTS**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 0.00000 | 0.00291 | 0.52228 | 0.18421 | 0.03955 | 0.00015 | 0.25307 | 0.00732 | 0.00004 | 0.00083 |
| MINING | 2 | 0.00073 | 0.00000 | 0.00122 | 0.00231 | 0.07199 | 0.00898 | 0.00460 | 0.04809 | 0.01481 | 0.00118 |
| FOODSTUFFS | 3 | 0.02619 | 0.00000 | 0.00000 | 0.02812 | 0.01851 | 0.00000 | 0.00031 | 0.00002 | 0.00000 | 0.00241 |
| TEXTILES | 4 | 0.00263 | 0.00000 | 0.00099 | 0.00000 | 0.01272 | 0.00168 | 0.00582 | 0.00095 | 0.00083 | 0.00225 |
| CHEMICALS | 5 | 0.05997 | 0.02507 | 0.01504 | 0.07142 | 0.00000 | 0.03773 | 0.04644 | 0.06232 | 0.03348 | 0.05895 |
| METAL MNFG. | 6 | 0.01026 | 0.00000 | 0.01638 | 0.00571 | 0.01229 | 0.00000 | 0.04800 | 0.15782 | 0.02613 | 0.02530 |
| UNSP. MNFG. | 7 | 0.00161 | 0.00000 | 0.00143 | 0.00525 | 0.00079 | 0.00582 | 0.00000 | 0.05881 | 0.00098 | 0.01046 |
| CONSTRUCTION | 8 | 0.00012 | 0.00000 | 0.00118 | 0.00010 | 0.00396 | 0.00502 | 0.00292 | 0.00000 | 0.06893 | 0.01450 |
| ENERGY | 9 | 0.00044 | 0.00654 | 0.00671 | 0.01393 | 0.01804 | 0.00829 | 0.00986 | 0.01428 | 0.00000 | 0.01651 |
| SERVICES | 10 | 0.18931 | 0.07822 | 0.12426 | 0.16389 | 0.16984 | 0.08755 | 0.12086 | 0.04464 | 0.00663 | 0.00000 |
| INTERMED. INPUT | | 0.29127 | 0.11274 | 0.68949 | 0.47494 | 0.34770 | 0.15523 | 0.49187 | 0.39425 | 0.15183 | 0.13238 |
| VALUE ADDED TOT. | | 0.51925 | 0.23948 | 0.23342 | 0.43908 | 0.34504 | 0.34102 | 0.36792 | 0.56812 | 0.84718 | 0.84767 |
| HOUSEHOLDS | 11 | 0.39661 | 0.18300 | 0.18098 | 0.26185 | 0.26185 | 0.26143 | 0.28147 | 0.43581 | 0.64952 | 0.64246 |
| PROFITS | 12 | 0.11154 | 0.05102 | 0.04807 | 0.09534 | 0.07599 | 0.07239 | 0.07899 | 0.12085 | 0.18141 | 0.18804 |
| REMAINDER | | 0.01111 | 0.00546 | 0.00437 | 0.00935 | 0.00720 | 0.00719 | 0.00746 | 0.01146 | 0.01625 | 0.01717 |
| TOTAL INPUT | | 0.81052 | 0.35223 | 0.92291 | 0.91403 | 0.69273 | 0.49625 | 0.85977 | 0.96237 | 0.99902 | 0.98005 |
| IMPORT COLUMN | | 0.18948 | 0.64777 | 0.07709 | 0.08597 | 0.30727 | 0.50375 | 0.14022 | 0.03763 | 0.00098 | 0.01995 |
| INTERMED. OUTPUT | | 0.49283 | 0.64359 | 0.07807 | 0.03394 | 0.43830 | 0.20702 | 0.21773 | 0.07292 | 0.67463 | 0.49364 |
| FINAL DEMAND | | 0.50717 | 0.35641 | 0.92193 | 0.96606 | 0.56170 | 0.79298 | 0.78227 | 0.92708 | 0.32537 | 0.50636 |
| TOTAL DOMESTIC | | 0.45898 | 0.12012 | 0.83089 | 0.70582 | 0.43167 | 0.72928 | 0.43211 | 0.88657 | 0.32537 | 0.33543 |
| HOUSEHOLDS | | 0.42219 | 0.01863 | 0.80613 | 0.68362 | 0.40395 | 0.29532 | 0.34149 | 0.08964 | 0.26765 | 0.32826 |
| INVESTMENTS | | 0.03150 | 0.08734 | 0.02128 | 0.01901 | 0.02384 | 0.37497 | 0.07781 | 0.68820 | 0.04961 | 0.00617 |
| REMAINDER | | 0.00529 | 0.01414 | 0.00348 | 0.00318 | 0.00387 | 0.05899 | 0.01281 | 0.10872 | 0.00810 | 0.00101 |
| EXPORTS | | 0.04819 | 0.23630 | 0.09104 | 0.26025 | 0.13003 | 0.06370 | 0.35016 | 0.04051 | 0.00000 | 0.17092 |
| GROSS OUTPUT | | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 |

## QUADRO 8 — Continuação

**LEONTIEF INVERSE** **VERSION 1**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 1.02013 | 0.00511 | 0.53551 | 0.20993 | 0.05533 | 0.00517 | 0.26364 | 0.02817 | 0.00454 | 0.00924 |
| MINING | 2 | 0.00698 | 1.00260 | 0.00735 | 0.01079 | 0.07475 | 0.01301 | 0.01179 | 0.05632 | 0.02164 | 0.00727 |
| FOODSTUFFS | 3 | 0.02876 | 0.00093 | 1.01591 | 0.03611 | 0.02120 | 0.00130 | 0.00935 | 0.00257 | 0.00100 | 0.00398 |
| TEXTILES | 4 | 0.00423 | 0.00062 | 0.00388 | 1.00248 | 0.01368 | 0.00257 | 0.00809 | 0.00292 | 0.00160 | 0.00329 |
| CHEMICALS | 5 | 0.07600 | 0.03112 | 0.06443 | 0.10059 | 1.02037 | 0.04582 | 0.07800 | 0.08104 | 0.04200 | 0.06447 |
| METAL MNFG. | 6 | 0.01829 | 0.00320 | 0.03067 | 0.01730 | 0.02066 | 1.00500 | 0.05849 | 0.16555 | 0.02869 | 0.03043 |
| UNSP. MNFG. | 7 | 0.00435 | 0.00107 | 0.00548 | 0.00857 | 0.00371 | 0.00740 | 1.00336 | 0.06111 | 0.00562 | 0.01192 |
| CONSTRUCTION | 8 | 0.00406 | 0.00198 | 0.00610 | 0.00540 | 0.00862 | 0.00746 | 0.00744 | 1.00402 | 0.06984 | 0.01652 |
| ENERGY | 9 | 0.00589 | 0.00862 | 0.01273 | 0.02027 | 0.02284 | 0.01111 | 0.01545 | 0.01972 | 1.00270 | 0.01872 |
| SERVICES | 10 | 0.21319 | 0.08545 | 0.24347 | 0.22938 | 0.19729 | 0.09965 | 0.19339 | 0.09113 | 0.02390 | 1.01927 |

**LEONTIEF INVERSE** **VERSION 2**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 1.55174 | 0.23985 | 1.07784 | 0.78017 | 0.47902 | 0.33170 | 0.78227 | 0.58959 | 0.66909 | 0.65821 | 0.91506 |
| MINING | 2 | 0.03036 | 1.01293 | 0.03120 | 0.03586 | 0.09338 | 0.02737 | 0.03460 | 0.08100 | 0.05086 | 0.03580 | 0.04024 |
| FOODSTUFFS | 3 | 0.39800 | 0.16398 | 1.39261 | 0.43218 | 0.31548 | 0.22810 | 0.36958 | 0.39253 | 0.46259 | 0.45474 | 0.63558 |
| TEXTILES | 4 | 0.20712 | 0.09021 | 0.21087 | 1.22012 | 0.17538 | 0.12719 | 0.20603 | 0.21719 | 0.25523 | 0.25098 | 0.34924 |
| CHEMICALS | 5 | 0.30481 | 0.13215 | 0.29785 | 0.34602 | 1.20273 | 0.18636 | 0.30123 | 0.32267 | 0.32802 | 0.34379 | 0.39385 |
| METAL MNFG. | 6 | 0.17445 | 0.07216 | 0.18998 | 0.18481 | 0.14512 | 1.10092 | 0.21084 | 0.33047 | 0.23390 | 0.22106 | 0.26880 |
| UNSP. MNFG. | 7 | 0.05855 | 0.02501 | 0.06078 | 0.06672 | 0.04691 | 0.04070 | 1.05624 | 0.11835 | 0.07338 | 0.07890 | 0.09230 |
| CONSTRUCTION | 8 | 0.03783 | 0.01689 | 0.04055 | 0.04162 | 0.03554 | 0.02820 | 0.04039 | 1.03968 | 0.11205 | 0.05774 | 0.05812 |
| ENERGY | 9 | 0.03918 | 0.02332 | 0.04670 | 0.05598 | 0.04937 | 0.03156 | 0.04793 | 0.05488 | 1.04432 | 0.05936 | 0.05731 |
| SERVICES | 10 | 0.68831 | 0.29524 | 0.72817 | 0.73902 | 0.57595 | 0.39148 | 0.65690 | 0.59289 | 0.61783 | 1.59927 | 0.81782 |
| HOUSEHOLDS | 11 | 1.38833 | 0.61303 | 1.41633 | 1.48920 | 1.10647 | 0.85275 | 1.35444 | 1.46618 | 1.73552 | 1.69481 | 2.38973 |

**LEONTIEF INVERSE** **VERSION 3**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 1.03787 | 0.01289 | 0.55333 | 0.22911 | 0.06973 | 0.01592 | 0.28092 | 0.04660 | 0.02637 | 0.03150 | 0.10752 |
| MINING | 2 | 0.01618 | 1.00664 | 0.01658 | 0.02072 | 0.08221 | 0.01859 | 0.02075 | 0.06587 | 0.03296 | 0.01880 | 0.06574 |
| FOODSTUFFS | 3 | 0.03417 | 0.00331 | 1.02135 | 0.04195 | 0.02559 | 0.00458 | 0.01462 | 0.00820 | 0.00766 | 0.01077 | 0.03279 |
| TEXTILES | 4 | 0.00754 | 0.00208 | 0.00721 | 1.00606 | 0.01637 | 0.00457 | 0.01132 | 0.00636 | 0.00568 | 0.00745 | 0.02007 |
| CHEMICALES | 5 | 0.09235 | 0.03829 | 0.08084 | 0.11825 | 1.03364 | 0.05573 | 0.09392 | 0.09802 | 0.06211 | 0.08498 | 0.09906 |
| METAL MNFG. | 6 | 0.10869 | 0.04285 | 0.12143 | 0.11499 | 0.09402 | 1.05979 | 0.14653 | 0.25947 | 0.14994 | 0.14383 | 0.54782 |
| UNSP. MNFG. | 7 | 0.01513 | 0.00580 | 0.01631 | 0.02022 | 0.01246 | 0.01394 | 1.01386 | 0.07231 | 0.01889 | 0.02545 | 0.06535 |
| CONSTRUCTION | 8 | 0.08951 | 0.03946 | 0.09190 | 0.09774 | 0.05926 | 0.05926 | 0.09067 | 1.09280 | 0.17501 | 0.12372 | 0.51786 |
| ENERGY | 9 | 0.01001 | 0.01043 | 0.01688 | 0.02473 | 0.02619 | 0.01361 | 0.01947 | 0.02401 | 1.00778 | 0.02390 | 0.02560 |
| SERVICES | 10 | 0.23648 | 0.09566 | 0.26686 | 0.25455 | 0.21619 | 0.11377 | 0.21607 | 0.11532 | 0.05256 | 1.04849 | 0.14114 |
| PROFITS | 12 | 0.19213 | 0.08427 | 0.19292 | 0.20762 | 0.15593 | 0.11646 | 0.18712 | 0.19961 | 0.23646 | 0.24103 | 1.16434 |

## QUADRO 9 — MATRIZ PORTUGUESA 1980 (PREVISÃO)

**INPUT-OUTPUT TABLE** **PORTUGAL 1980**

MN ESC.

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 0.0 | 10.5 | 11832.1 | 2809.4 | 709.9 | 3.3 | 1717.3 | 96.3 | 0.1 | 31.1 |
| MINING | 2 | 25.5 | 0.0 | 27.6 | 35.3 | 1292.2 | 193.4 | 31.2 | 632.3 | 39.1 | 44.5 |
| FOODSTUFFS | 3 | 914.5 | 0.0 | 0.0 | 428.9 | 332.3 | 0.1 | 2.1 | 0.2 | 0.0 | 90.5 |
| TEXTILES | 4 | 92.0 | 0.0 | 22.4 | 0.0 | 228.4 | 36.1 | 39.5 | 12.5 | 2.2 | 84.5 |
| CHEMICALS | 5 | 2094.3 | 90.4 | 340.8 | 1089.2 | 0.0 | 812.6 | 315.1 | 819.4 | 88.4 | 2217.0 |
| METAL MNFG. | 6 | 358.2 | 0.0 | 371.1 | 87.1 | 220.6 | 0.0 | 325.7 | 2075.0 | 69.0 | 951.5 |
| UNSP. MNFG. | 7 | 56.3 | 0.0 | 32.3 | 80.1 | 14.1 | 125.4 | 0.0 | 773.2 | 2.6 | 393.5 |
| CONSTRUCTION | 8 | 4.2 | 0.0 | 26.8 | 1.5 | 71.1 | 108.1 | 19.8 | 0.0 | 182.0 | 545.3 |
| ENERGY | 9 | 15.3 | 23.6 | 152.1 | 212.4 | 323.8 | 178.5 | 66.9 | 187.8 | 0.0 | 620.9 |
| SERVICES | 10 | 6611.0 | 282.1 | 2815.1 | 2499.6 | 3048.5 | 1885.5 | 820.1 | 586.9 | 17.5 | 0.0 |
| INTERMED. INPUT | | 10171.3 | 406.6 | 15620.3 | 7243.5 | 6240.9 | 3343.0 | 3337.7 | 5183.6 | 400.9 | 4978.8 |
| VALUE ADDED TOT. | | 21759.5 | 1036.4 | 6345.6 | 8035.9 | 7431.8 | 8812.7 | 2995.9 | 8963.6 | 2684.3 | 38257.8 |
| HOUSEHOLDS | 11 | 16620.0 | 792.0 | 4920.0 | 6120.0 | 5640.0 | 6756.0 | 2292.0 | 6876.8 | 2058.0 | 28996.2 |
| PROFITS | 12 | 4674.0 | 220.8 | 1306.8 | 1744.8 | 1636.8 | 1870.8 | 643.2 | 1906.0 | 574.8 | 8486.9 |
| REMAINDER | | 465.5 | 23.6 | 118.8 | 171.1 | 155.0 | 185.9 | 60.7 | 180.8 | 51.5 | 774.7 |
| TOTAL INPUT | | 31930.8 | 1443.0 | 21965.9 | 15279.4 | 13672.7 | 12155.7 | 6333.6 | 14147.2 | 3085.2 | 43236.6 |
| IMPORT COLUMN | | 6616.8 | 2336.2 | 1746.9 | 1311.2 | 5515.2 | 10848.2 | 951.5 | 494.7 | 2.6 | 750.0 |
| INTERMED. OUTPUT | | 17210.0 | 2321.1 | 1768.6 | 517.6 | 78672. | 4458.2 | 1477.5 | 958.8 | 1781.3 | 18566.3 |
| FINAL DEMAND | | 21337.6 | 1458.1 | 21944.2 | 16073.0 | 11320.7 | 18545.7 | 5807.6 | 13683.1 | 1306.5 | 25420.8 |
| TOTAL DOMESTIC | | 19654.7 | 605.9 | 19881.6 | 12103.9 | 8986.7 | 17173.9 | 3431.5 | 13150.5 | 1306.5 | 18992.2 |
| HOUSEHOLDS | 11 | 8107.1 | 162.1 | 20267.7 | 9323.2 | 7134.3 | 6485.7 | 2432.1 | 1297.1 | 1540.3 | 24321.3 |
| INVESTMENTS | 12 | 726.5 | 2014.5 | 490.8 | 438.5 | 549.9 | 8648.6 | 1794.7 | 15873.2 | 1144.2 | 142.3 |
| REMAINDER | | 10821.0 | −1570.7 | −877.0 | 2342.3 | 1302.6 | 2039.6 | −795.3 | −4019.8 | −1378.1 | −5471.4 |
| EXPORTS | | 1682.9 | 852.2 | 2062.6 | 3969.1 | 2334.0 | 1371.8 | 2376.1 | 532.6 | 0.0 | 6428.6 |
| GROSS OUTPUT | | 38547.6 | 3779.2 | 23712.8 | 16590.6 | 19187.9 | 23003.9 | 7285.1 | 14641.9 | 3087.8 | 43987.1 |

**TECHNICAL COEFFICIENTS** **PORTUGAL 1980**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 0.0000 | 0.0028 | 0.4990 | 0.1693 | 0.0370 | 0.0001 | 0.2357 | 0.0066 | 0.0000 | 0.0007 | 0.1000 | 0.0315 |
| MINING | 2 | 0.0007 | 0.0000 | 0.0012 | 0.0021 | 0.0673 | 0.0084 | 0.0043 | 0.0432 | 0.0127 | 0.0010 | 0.0020 | 0.0873 |
| FOODSTUFFS | 3 | 0.0237 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0259 | 0.0173 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0021 | 0.2500 | 0.0213 |
| TEXTILES | 4 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0009 | 0.0000 | 0.0119 | 0.0016 | 0.0054 | 0.0009 | 0.0007 | 0.0019 | 0.1150 | 0.0190 |
| CHEMICALS | 5 | 0.0543 | 0.0239 | 0.0144 | 0.0657 | 0.0000 | 0.0353 | 0.0433 | 0.0560 | 0.0286 | 0.0504 | 0.0880 | 0.0238 |
| METAL MNFG. | 6 | 0.0093 | 0.0000 | 0.0156 | 0.0052 | 0.0115 | 0.0000 | 0.0447 | 0.1417 | 0.0223 | 0.0216 | 0.0800 | 0.3750 |
| UNSP. MNFG. | 7 | 0.0015 | 0.0000 | 0.0014 | 0.0048 | 0.0007 | 0.0055 | 0.0000 | 0.0528 | 0.0008 | 0.0089 | 0.0300 | 0.0778 |
| CONSTRUCTION | 8 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0011 | 0.0001 | 0.0037 | 0.0047 | 0.0027 | 0.0000 | 0.0589 | 0.0124 | 0.0160 | 0.6882 |
| ENERGY | 9 | 0.0004 | 0.0062 | 0.0064 | 0.0128 | 0.0169 | 0.0078 | 0.0092 | 0.0128 | 0.0000 | 0.0141 | 0.0190 | 0.0496 |
| SERVICES | 10 | 0.1715 | 0.0746 | 0.1187 | 0.1507 | 0.1589 | 0.0820 | 0.1126 | 0.0401 | 0.0057 | 0.0000 | 0.3000 | 0.0062 |
| INTERMED. INPUT | | 0.2639 | 0.1076 | 0.6587 | 0.4366 | 0.3253 | 0.1453 | 0.4582 | 0.3540 | 0.1298 | 0.1132 | | |
| VALUE ADDED TOT. | | 0.5645 | 0.2742 | 0.2676 | 0.4844 | 0.3873 | 0.3831 | 0.4112 | 0.6122 | 0.8693 | 0.8698 | | |
| HOUSEHOLDS | 11 | 0.4312 | 0.2096 | 0.2075 | 0.3689 | 0.2939 | 0.2937 | 0.3146 | 0.4697 | 0.6665 | 0.6592 | | |
| PROFITS | 12 | 0.1213 | 0.0584 | 0.0551 | 0.1052 | 0.0853 | 0.0813 | 0.0883 | 0.1302 | 0.1862 | 0.1929 | | |
| REMAINDER | | 0.0121 | 0.0063 | 0.0050 | 0.0103 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0083 | 0.0124 | 0.0167 | 0.0176 | | |
| TOTAL INPUT | | 0.8283 | 0.3818 | 0.9263 | 0.9210 | 0.7126 | 0.5284 | 0.8694 | 0.9662 | 0.9992 | 0.9829 | | |
| IMPORT COLUMN | | 0.1717 | 0.6182 | 0.0737 | 0.0790 | 0.2874 | 0.4716 | 0.1306 | 0.0338 | 0.0008 | 0.0171 | | |
| GROSS OUTPUT | | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

## QUADRO 9 — Continuação

LEONTIEF INVERSE PORTUGAL 1980 VERSION 1

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 1.0170 | 0.0046 | 0.5097 | 0.1911 | 0.0506 | 0.0043 | 0.2442 | 0.0237 | 0.0034 | 0.0073 | |
| MINING | 2 | 0.0057 | 1.0022 | 0.0061 | 0.0090 | 0.0695 | 0.0118 | 0.0102 | 0.0499 | 0.0179 | 0.0058 | |
| FOODSTUFFS | 3 | 0.0258 | 0.0008 | 1.0136 | 0.0324 | 0.0195 | 0.0011 | 0.0078 | 0.0020 | 0.0008 | 0.0033 | |
| TEXTILES | 4 | 0.0037 | 0.0005 | 0.0033 | 1.0020 | 0.0127 | 0.0023 | 0.0073 | 0.0024 | 0.0013 | 0.0027 | |
| CHEMICALS | 5 | 0.0666 | 0.0288 | 0.0555 | 0.0887 | 1.0165 | 0.0417 | 0.0688 | 0.0708 | 0.0350 | 0.0545 | |
| METAL MNFG. | 6 | 0.0155 | 0.0026 | 0.0272 | 0.0143 | 0.0181 | 1.0040 | 0.0530 | 0.1478 | 0.0319 | 0.0255 | |
| UNSP. MNFG. | 7 | 0.0035 | 0.0009 | 0.0046 | 0.0074 | 0.0030 | 0.0067 | 1.0026 | 0.0546 | 0.0044 | 0.0100 | |
| CONSTRUCTION | 8 | 0.0031 | 0.0016 | 0.0049 | 0.0041 | 0.0074 | 0.0066 | 0.0062 | 1.0031 | 0.0596 | 0.0139 | |
| ENERGY | 9 | 0.0047 | 0.0079 | 0.0111 | 0.0178 | 0.0207 | 0.0101 | 0.0136 | 0.0172 | 1.0020 | 0.0158 | |
| SERVICES | 10 | 0.1909 | 0.0808 | 0.2205 | 0.2046 | 0.1818 | 0.0921 | 0.1731 | 0.0782 | 0.0189 | 1.0150 | |
| TOTALS | | 1.3364 | 1.1307 | 1.8565 | 1.5715 | 1.3997 | 1.1808 | 1.5869 | 1.4498 | 1.1753 | 1.1538 | |

LEONTIEF INVERSE PORTUGAL 1980 VERSION 2

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 1.4371 | 0.2008 | 0.9378 | 0.6391 | 0.3907 | 0.2732 | 0.6554 | 0.4687 | 0.5166 | 0.5091 | 0.6980 |
| MINING | 2 | 0.0300 | 1.0136 | 0.0308 | 0.0349 | 0.0891 | 0.0273 | 0.0339 | 0.0756 | 0.0476 | 0.0348 | 0.0404 |
| FOODSTUFFS | 3 | 0.4411 | 0.1947 | 1.4368 | 0.4752 | 0.3557 | 0.2668 | 0.4142 | 0.4419 | 0.5080 | 0.4992 | 0.6899 |
| TEXTILES | 4 | 0.1915 | 0.0882 | 0.1947 | 1.2023 | 0.1647 | 0.1225 | 0.1911 | 0.2014 | 0.2307 | 0.2270 | 0.3120 |
| CHEMICALS | 5 | 0.2939 | 0.1349 | 0.2871 | 0.3311 | 1.2004 | 0.1872 | 0.2912 | 0.3115 | 0.3126 | 0.3259 | 0.3775 |
| METAL MNFG. | 6 | 0.1800 | 0.0794 | 0.1948 | 0.1898 | 0.1513 | 1.1093 | 0.2140 | 0.3220 | 0.2329 | 0.2220 | 0.2733 |
| UNSP. MNFG. | 7 | 0.0623 | 0.0283 | 0.0645 | 0.0701 | 0.0506 | 0.0443 | 1.0602 | 0.1169 | 0.0762 | 0.0802 | 0.0977 |
| CONSTRUCTION | 8 | 0.0422 | 0.0198 | 0.0448 | 0.0458 | 0.0390 | 0.0316 | 0.0445 | 1.0445 | 0.1073 | 0.0605 | 0.0649 |
| ENERGY | 9 | 0.0559 | 0.0319 | 0.0633 | 0.0724 | 0.0622 | 0.0428 | 0.0637 | 0.0714 | 1.0646 | 0.0770 | 0.0851 |
| SERVICES | 10 | 0.8745 | 0.4001 | 0.9172 | 0.9337 | 0.7352 | 0.5296 | 0.8422 | 0.8023 | 0.8540 | 1.8314 | 1.1357 |
| HOUSEHOLDS | 11 | 1.5805 | 0.7381 | 1.6105 | 1.6853 | 1.2792 | 1.0113 | 1.5466 | 1.6738 | 1.9304 | 1.8873 | 2.6255 |
| TOTALS | | 5.1891 | 2.9300 | 5.7823 | 5.6797 | 4.5180 | 3.6460 | 5.3570 | 5.5299 | 5.8808 | 5.7544 | 6.4000 |

LEONTIEF INVERSE PORTUGAL1980 VERSION 3

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRICULTURE | 1 | 1.0354 | 0.0132 | 0.5281 | 0.2109 | 0.0658 | 0.0160 | 0.2622 | 0.0429 | 0.0256 | 0.0300 | 0.1080 |
| MINING | 2 | 0.0339 | 1.0153 | 0.0343 | 0.0393 | 0.0927 | 0.0296 | 0.0377 | 0.0792 | 0.0518 | 0.0403 | 0.1648 |
| FOODSTUFFS | 3 | 0.0314 | 0.0034 | 1.0192 | 0.0384 | 0.0241 | 0.0046 | 0.0133 | 0.0079 | 0.0075 | 0.0102 | 0.0329 |
| TEXTILES | 4 | 0.0086 | 0.0028 | 0.0083 | 1.0073 | 0.0167 | 0.0054 | 0.0121 | 0.0076 | 0.0072 | 0.0088 | 0.0288 |
| CHEMICALS | 5 | 0.0890 | 0.0392 | 0.0779 | 0.1128 | 1.0349 | 0.0559 | 0.0907 | 0.0941 | 0.0619 | 0.0820 | 0.1311 |
| METAL MNFG. | 6 | 0.1206 | 0.0513 | 0.1324 | 0.1273 | 0.1048 | 1.0704 | 0.1556 | 0.2572 | 0.1584 | 0.1546 | 0.6153 |
| UNSP. MNFG. | 7 | 0.0293 | 0.0128 | 0.0303 | 0.0350 | 0.0243 | 0.0229 | 1.0277 | 0.0814 | 0.0353 | 0.0416 | 0.1505 |
| CONSTRUCTION | 8 | 0.1538 | 0.0715 | 0.1558 | 0.1661 | 0.1317 | 0.1018 | 0.1534 | 1.1601 | 0.2410 | 0.1991 | 0.8823 |
| ENERGY | 9 | 0.0194 | 0.0148 | 0.0259 | 0.0337 | 0.0329 | 0.0194 | 0.0280 | 0.0326 | 1.0198 | 0.0340 | 0.0866 |
| SERVICES | 10 | 0.2200 | 0.0943 | 0.2497 | 0.2360 | 0.2059 | 0.1105 | 0.2017 | 0.1086 | 0.0541 | 1.0509 | 0.1709 |
| PROFITS | 12 | 0.2162 | 0.1003 | 0.2165 | 0.2324 | 0.1784 | 0.1365 | 0.2112 | 0.2252 | 0.2602 | 0.2657 | 1.2660 |
| TOTALS | | 1.9576 | 1.4188 | 2.4784 | 2.2392 | 1.9123 | 1.5730 | 2.1937 | 2.0969 | 1.9229 | 1.9172 | 3.6373 |

QUADRO 10 — EVOLUÇÃO DOS INDICADORES SECTORIAIS NA ECONOMIA PORTUGUESA

| | Multiplicadores Sectoriais de Rendimento | | | Multiplicadores Sectoriais de Investimento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1964 | 1980 | Dif. (%) | 1964 | 1980 | Dif. (%) |
| 1. Agric. | 1.3883 (6) | 1.5805 (6) | +13.84 (6) | 0.1921 (6) | 0.2162 (6) | +12.55 (6) |
| 2. Minas | 0.6130 (10) | 0.7381 (10) | +20.41 (1) | 0.0843 (10) | 0.1003 (10) | +18.98 (1) |
| 3. Aliment. | 1.4163 (5) | 1.6105 (5) | +13.71 (7) | 0.1929 (5) | 0.2165 (5) | +12.23 (7) |
| 4. Têxteis | 1.4892 (3) | 1.6853 (3) | +13.17 (8) | 0.2076 (3) | 0.2324 (3) | +11.95 (8) |
| 5. Químicas | 1.1065 (8) | 1.2792 (8) | +15.61 (3) | 0.1559 (8) | 0.1784 (8) | +14.43 (3) |
| 6. Metalurg. | 0.8528 (9) | 1.0113 (9) | +18.59 (2) | 0.1165 (9) | 0,1365 (9) | +17.17 (2) |
| 7. Não Espec. | 1.3544 (7) | 1.5466 (7) | +14.19 (4) | 0.1871 (7) | 0.2112 (7) | +12.88 (4) |
| 8. Const. | 1.4661 (4) | 1.6738 (4) | +14.17 (5) | 0.1996 (4) | 0.2252 (4) | +12.83 (5) |
| 9. Energia | 1.7355 (1) | 1.9304 (1) | +11.23 (10) | 0.2365 (2) | 0.2602 (2) | +10.02 (10) |
| 10 Serviços | 1.6948 (2) | 1.8873 (2) | +11.36 (9) | 0.2410 (1) | 0.2657 (1) | +10.25 (9) |

| | Multiplicadores de Produção Sectorial | | | Efeitos de Produção Sectorial | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1964 | 1980 | Dif. (%) | 1964 | 1980 | Dif. (%) |
| 1. Agric. | 1.0201 (2) | 1.0170 (1) | — 0.30 (3) | 1.3819 (6) | 1.3364 (6) | — 3.40 (5) |
| 2. Minas | 1.0026 (9) | 1.0022 (8) | — 0.04 (10) | 1.1407 (10) | 1.1307 (10) | — 0.88 (10) |
| 3. Aliment. | 1.0159 (4) | 1.0136 (4) | — 0.23 (4) | 1.9255 (1) | 1.8565 (1) | — 3.72 (4) |
| 4. Têxteis | 1.0025 (10) | 1.0020 (9-10) | — 0.05 (9) | 1.6408 (3) | 1.5715 (3) | — 4.41 (1) |
| 5. Químicas | 1.0204 (1) | 1.0165 (2) | — 0.33 (2) | 1.4385 (5) | 1.3997 (5) | — 2.77 (7) |
| 6. Metalurg. | 1.0050 (5) | 1.0040 (5) | — 0.10 (5) | 1.1985 (8) | 1.1808 (7) | — 1.50 (9) |
| 7. Não Espec. | 1.0034 (7) | 1.0026 (7) | — 0.08 (7) | 1.6490 (2) | 1.5869 (2) | — 3.91 (3) |
| 8. Const. | 1.0040 (6) | 1.0031 (6) | — 0.09 (6) | 1.5126 (4) | 1.4498 (4) | — 4.33 (2) |
| 9. Energia | 1.0027 (8) | 1.0020 (9-10) | — 0.07 (8) | 1.2115 (7) | 1.1753 (8) | — 3.08 (6) |
| 10. Serviços | 1.0193 (3) | 1.0150 (3) | — 0.42 (1) | 1.1851 (9) | 1.1538 (9) | — 2.71 (8) |

Figura I — Proporção do P. I. B. na Produção Total

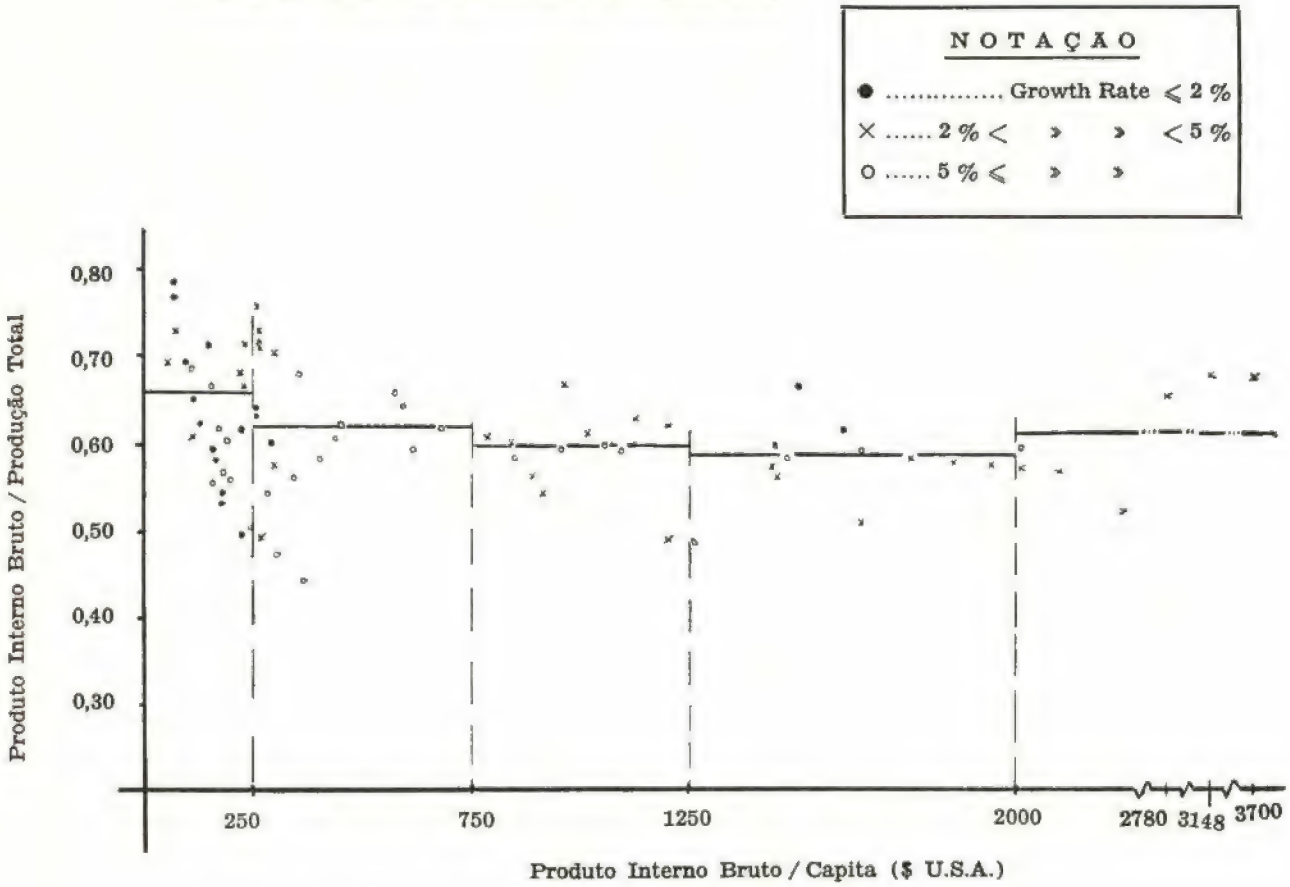



Figura II — Médias dos Multiplicadores de Rendimento

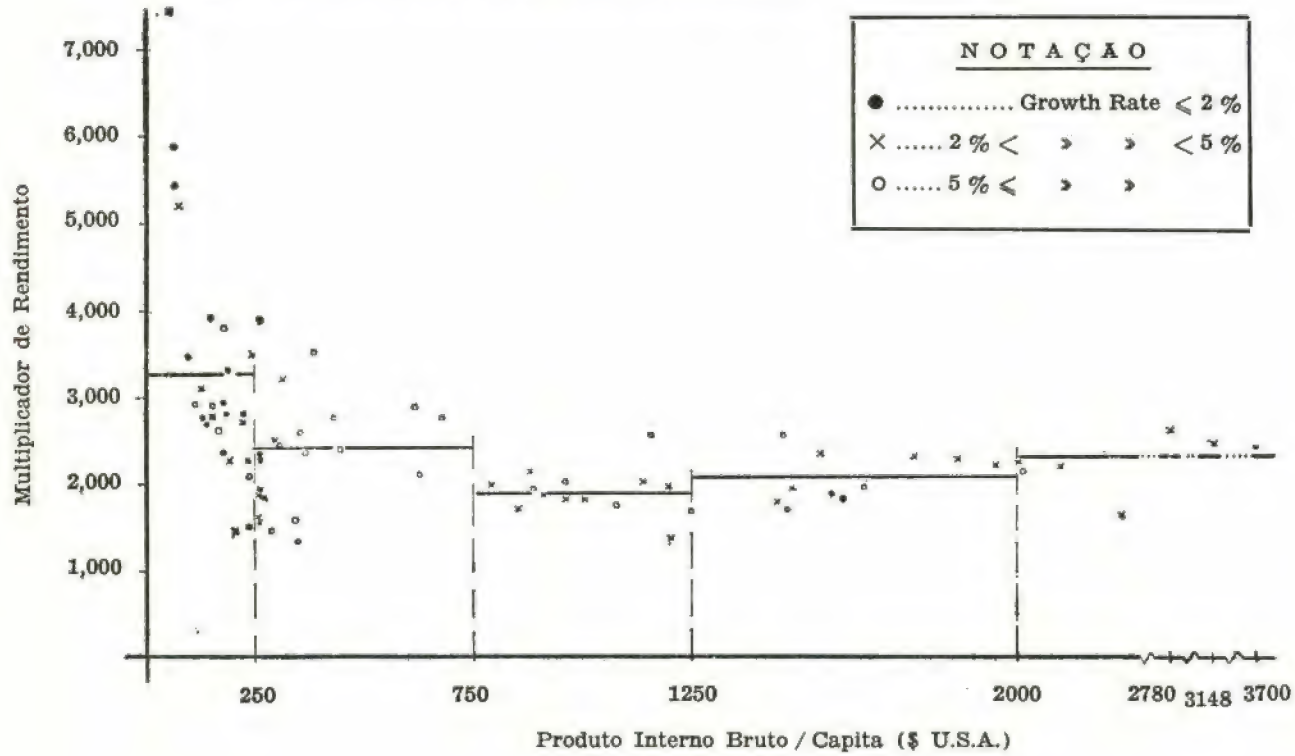
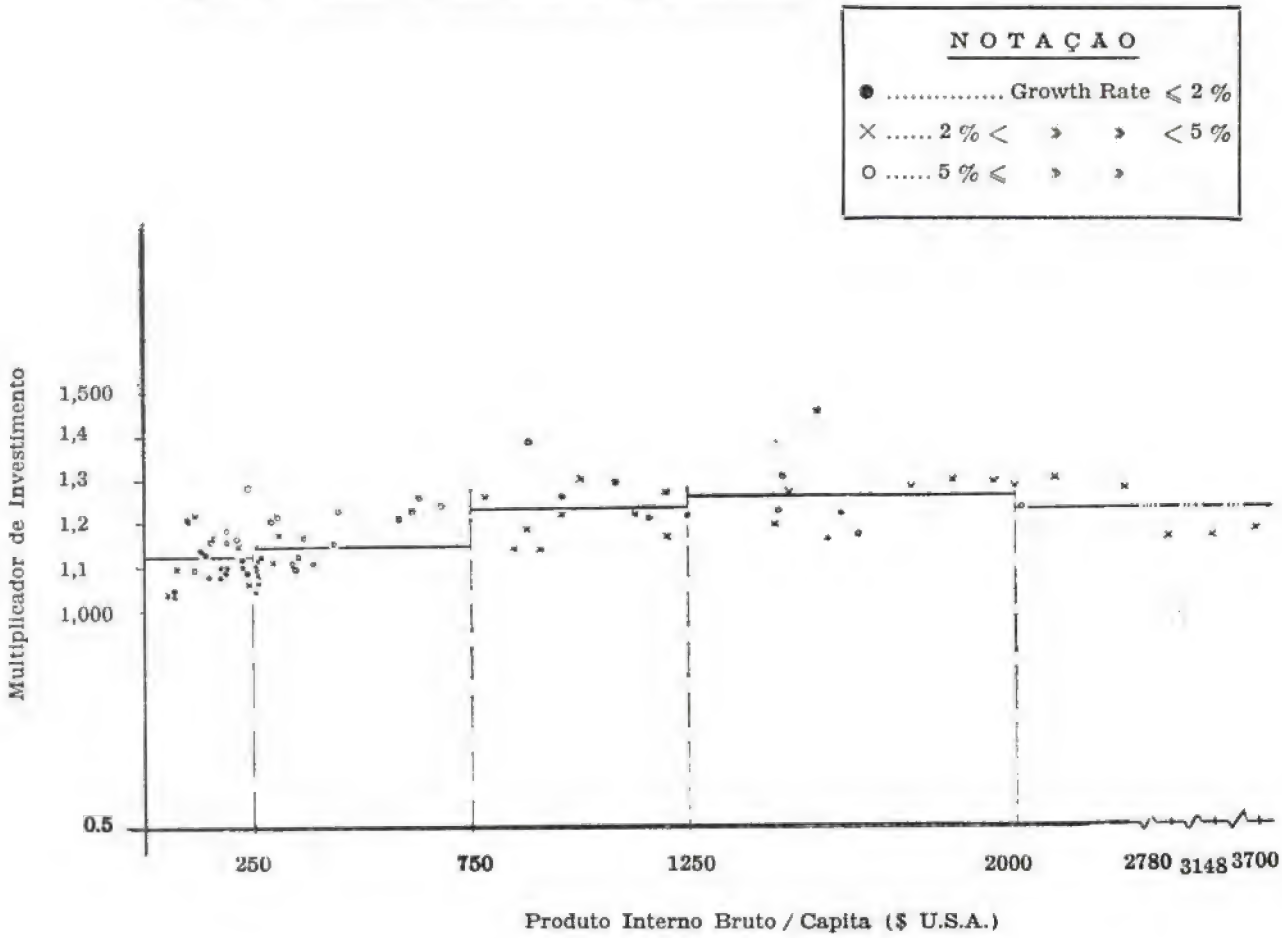


Figura 3 — Médias dos Multiplicadores de Investimento



## BIBLIOGRAFIA


1. Aitchison, J. & J. A. C. Brown, *A Synthesis of Engel Curve Theory,* The Review of Economic Studies, Vol. XXII, 1954-55.

2. Allen, R. G. D., *Mathematical Analysis for Economists,* MacMillan, St. Martin Press: The Papermac Edition.

3. Barbosa, Daniel V. & J. P. Athayde, *Economia Política,* Lisboa, Instituto Superior Técnico, 1956 (Mimeographed).

4. Bell, John F., *História do Pensamento Económico,* Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1961.

5. Borralho, E., *Estrutura da Economia Portuguesa,* Instituto Nacional de Investigação Industrial, Lisboa, 1971.

6. Bryden, John M. *Tourism & Development,* Cambridge University Press, 1973.

7. Chenery, H. & P. Clark, *Interindustry Economics,* John Wiley & Son, Inc., New York, 1959.

8. Chiang, Alpha C., *Fundamental Methods of Mathematical Economics,* McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd. International Student Edition.

9. Chipman, John S., *The Multi-Sector Multiplier,* Econometrica, Vol. 18, No. 4, October 1950.

10. Cowles Commission, *Activity Analysis of Production and Allocation,* Edited by T. C. Koopmans, Monograph No. 13, London: Chapman and Hall, 1951.

11. Cruzeiro, J., *Análise Interindustrial e a Política Económica,* Instituto Nacional de Investigação Industrial, Lisboa, 1962.

12. Denison, Edward F., *Why Growth Rates Differ,* The Brookings Institution, Washington D.C., 1967

13. Dorfman, R., Samuelson, P. & Solow, R., *Linear Programming & Economic Analysis,* McGraw--Hill Kogakusha, Ltd: International Student Edition.

14. Estacio, F. B. S., *Técnicas de Programação Linear,* Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1961.

15. Ferreira, J. C., *Matemáticas Gerais,* Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1969 (Mimeographed).

16. Furtado, C., *A Hegemonia dos Estados Unidos e o Subdesenvolvimento da América Latina,* Editora Civilização Brasileira S. A., Rio de Janeiro, 1973.

17. Furtado, C., *Economic Development of Latin America,* Cambridge University Press, 1970.

18. Garnick, D., *Differential Regional Multiplier Models,* Journal of Regional Science, Vol. 10, No. 1, 1970.

19. Georgescu-Roegen, N., *Leontief's System in the Light of Recent Results,* Review of Economics and Statistics, Vol. XXXII, 1950.

20. Georgescu-Roegen, N., *O Impasse da Inflação Estrutural e do Desenvolvimento Equilibrado,* Revista Brasileira de Economia, Vol. 26. N.º 3, (Julho/Setembro 1972).

21. Goodwin, R. M., *The Multiplier as Matrix,* The Economic Journal, December 1949.

22. Hicks, John, *Léon Walras,* Econometrica Vol. II, 1934.

23. Hicks, John, *Introdução ao Estudo da Economia* Classica Editora, Lisboa, 1956.

24. Hicks, John, *Capital & Growth,* Oxford University Press, London, 1965.

25. Kahn, R. F. *The Relation of Home Investment to Unemployment,* Economic Journal (June 1931).

26. Keynes, John M., *The General Theory of Employment, Interest and Money,* MacMillan, St. Martin's Press: The Papermac Edition.

27. Khalil, F. El-Husseini, *The Methodology of the Imput-Output Tables,* The Institute of National Planning, Cairo, October 1972.

28. Kindleberger, Charles P., *Economic Development,* McGraw-Hill Kogakusha, Ltd: International Student Edition.

29. Kuczynski, M. & R. L. Meek, *Quesnay's Tableau Economique,* MacMillan, London 1972.

30. Kuenne, Robert E., *Walras, Leontief, and the Interdependence of Economic Activities,* Quarterly Journal of Economics, 1954.

31. Kuznets, Simon, *Economic Growth of Nations,* The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1971.

32. Kuzents, Simon, *Modern Economic Growth,* Yale University Press, New Haven and London, 1966.

33. Lancaster, K., *Mathematical Economics,* The Macmillan Company, London, 1971.

34. Lange, Oskar, *Introduction to Econometrics,* Polish Scientific Publishers, Warszawa, 1962.

35. Leontief, Wassily W., *Structure of the World Economy,* The American Economic Review, December 1974.

36. Leontief, Wassily W., *The Structure of American Economy 1919-1939,* Oxford University Press, New York: Second Edition, Enlarged, 1960.

37. Leontief, Wassily W., *Input-Output Economics,* Oxford University Press, New York, 1966.

38. Leontief, Wassily W., and Others, *Studies in the Structure of the American Economy,* Oxford University Press, New York, 1953.

39. Leontief, Wassily W., *An Open Dynamic System for Long Range Projection of Economic Growth* in Economic Analysis in Input-Output Framework, Edited by P. W. Mathur & Bnaradwaj, 1965.

40. Leontief, Wassily W., *The Dynamic Inverse,* in Contributions to Input-Output Analysis, Vol. 1. Proceedings of the 4th International Conference on Input-Output Techniques, North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1968.

41. Marazewski, J., *Comptabilité Nationale,* Dalloz, Editeur, Paris 1967.

42. Marrama, V., *Problemas e Técnicas de Programação Económica,* Clássica Editora, Lisboa, 1964.

43. Massé, P., *Le Choix des Investissements,* Duned Editeur, Paris, 1968.

44. Miernyk, William H., *The Elements of Input--Output Analysis,* Random House, New York, 1965.

45. Moore, F. & J. Petersen, *Regional oAnalysis: An Interindustry Model to Utah,* The Review of Economics and Statistics, Vol. XXXVII, No. 4.

46. Moore, F., *Regional Economic Reaction Paths,* American Economic Review, Vol. 45, Supplement of Sixty-seventh Annual Meeting of American Economic Association (December, 1954).

47. Morgan, R. D., *Mathematical Statistical Methods,* The Hague, Holland: Institute of Social Studies, August 1967 (Mimeographed).

48. Moura, Francisco P., *Lições de Economia,* Clássica Editora, Lisboa, 1964.

49. Moura, Francisco P., *Lições de Economia, Parte II,* Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras, Lisboa, 1966.

50. Murteira, B., *Estatística,* Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras, Lisboa, 1964, (Mimeographed).

51. Murteira, M., *Planeamento Industrial,* Instituto Nacional de Investigação Industrial, Lisboa, 1961.

52. Pen, J., *Moderna Economia Económica,* Publicações Don Quixote, Lisboa, 1966.

53. Peterson, Wallace C., *Income, Employment and Economic Growth,* W. W. Norton & Company, Inc., New York: Revised Edition.

54. Phillips, A., *The Tableau Economique as a Simple Leontief Model,* Quarterly Journal of Economics, 1955.

55. Rasmussen, P. N., *Relaciones Intersectorales,* Ediciones Aguilar, Madrid, 1963.

56. Samuelson, P., *A Fundamental Multiplier Identity,* Econometrica, Vol. 11, July-October 1943.

57. Samuelson, P., *Economics,* McGraw-Hill Kogakusha Ltd: International Student Edition.

58. Schulz, Siegfried, *Quantitative Criteria for the Determination of Sectoral Priorities,* German Institute of Economic Research, Berlin, 1971.

59. Siegel, Sidney, *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences,* McGraw-Hill Kogakusha, Ltd: International Student Edition.

60. Snedecor, Georg W., and Cochran, Wiliam G., *Statistical Methods,* Ames, Iowa, U. S. A.: The Iowa State University Press, Sixth Edition.

61. Solow, R. M., *Growth Theory,* Oxford University Press, 1970.

62. Spiegel, Murray R., *Theory and Problems of Statistics,* New York: Schaum Publishing Co.

63. Thomas, H. Naylor, Martin Shubik & Ralph Zerkowski, *Econometric Models of Brazil: a Critical Appraisal,* Revista Brasileira de Economia, Vol. 25, No. 1, (Jan/Mar 1971).

64. Thomas, H. Naylor, Moacyr Fioravante & Jorge V. Monteiro, *A Comment on Tinner's Econometric Model of Brazil,* Revista Brasileira de Economia, Vol. 25, No. 1 (Jan/Mar 1971).

65. Tintner, G., *Elementos de Econometria,* Livraria Pioneira Editor, São Paulo, 1965.

66. Torres, M., *Relaciones Estructurales y Desarrollo Economico,* Organizacion Sindical Española, Madrid, 1960.

67. United Nations, *Comparative Analysis of Economic Structures by Means of Input-Output Tables,* Economic Bulletin for Europe, Vol. 23, No. 1, New York, 1971.

68. United Nations, *Input-Output Tables and Analysis,* Studies in Methods, Series F, No. 14, 1973.

69. Vaccara, Beatrice N., *Changes Over Time in United States Input-Output Relationships,* Communication at the Seminar in Input-Output Analysis, Buckarest, Romania, September 1969.

70. Walters, A. A., *An Introduction to Econometrics,* MacMillan, St. Martin Press: The Papermac Edition.

71. Yan, Chiou-shuang, *Introduction to Input-Output Economics,* Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1969.

72. *Note Methodologique sur l'Elaboration du Tableau Inter-Branches (TEI) de 1969,* Secretariat d'Etat du Plan, Royaume du Maroc, Novembre 1972.

73. Lange, Oskar, *The Theory of the Multiplier,* Econometrica, vol. 11, July-August 1943.

# FEIRAS E EXPOSIÇÕES

| OBJECTIVOS E PROGRAMA | LOCAL, DATA, ORGANIZAÇÕES E INFORMAÇÕES |
|---|---|
| V Simpósio Iberoamericano de Catalise | Fundação Gulbenkian — LISBOA<br>23 a 30 de Julho - 76 |
| Colloque International sur la concepcion et l'Equipement des laboratoires de haute activité | A. I. E. A. — Otaniemi (Finlândia)<br>2 a 6 de Agosto - 76 |
| Seminaire International sur la concepcion et l'essai des emballages destinés au transport des matières radioactives | A. I. E. A. — Viena<br>23 a 27 de Agosto - 76 |
| Colloque International FAO/AIEA/AGROCHIMICA sur les études concernant les matières organiques du sol | Brunswick — R. F. A.<br>6 a 10 de Setembro - 76 |
| Troisième Exposition International avec festival-HIFI 76 | Düsseldorf — R. F. A.<br>24 a 29 de Setembro - 76 |
| International Oil-Poluition Prevencion Exhibition and Congress | Hamburgo<br>21 a 25 de Setembro - 76 |
| Electrode Phenomena in Gas Discharger (III$^{rd}$ conference) | Laboratório de Electrodinâmica<br>Estoril — Lisboa<br>31 de Agosto a 4 de Setembro - 76 |
| Plaut Engineering and Mainternance Conference | National Exhibition Centre<br>Birninghan — Inglaterra<br>27 de Setembro a 10 de Outubro - 76 |
| International Trade Fair on Waste Handling, Waste Recovery and Industrial Cleansing | Elmia, Jönköping, Suécia<br>27 de Setembro a 1 de Outubro - 76 |
| Obras de Protecção Costeira | L. N. E. C. — Lisboa<br>Outubro - 76 |
| Bienal da Máquina Operatriz | Milão — Itália<br>2 a 9 de Outubro - 76 |
| First International Tinplate Conference | Londres — Inglaterra<br>5 a 8 de Outubro - 76 |
| Planos Locais e Politica Urbana | L. N. E. C. — Lisboa<br>2.ª fase — Outubro - 76<br>3.ª fase — Dezembro - 76 |

C. D. U. 532.517.4.001.57

# The applicability of turbulence models and the experimental techniques for their verification [1]

J. J. DELGADO DOMINGOS (2)
D. F. G. DURÃO (3)
J. H. WHITELAW (4)

## RESUMO

*A finalidade deste artigo é demonstrar, através de alguns exemplos, a aplicabilidade de modelos de turbulência e seus meios de verificação discutidos nas lições do Curso de Extensão «Modelos de Turbulência e sua Verificação Experimental» e apresentados em seis artigos anteriores. Assim, são feitas demonstrações da aplicabilidade de modelos de turbulência dentro da estrutura das equações bi-dimensionais parabólicas e elípticas assim como medidas experimentais relevantes obtidas com anemómetros de fio quente e ópticos.*

## ABSTRACT

*The purpose of the paper is to demonstrate, by example, the applicability of turbulence models and the means of their verification discussed in the lectures of the Extension Course entitled «Models of Turbulence» and presented in six previous papers. Thus, demonstrations of the applicability of turbulence models within the framework of two-dimensional parabolic and two-dimensional elliptic equations are presented as are relevant measurements obtained with hot-wire anemometers and optical anemometers.*

## INTRODUCTORY REMARKS

Subsequent to the Extension Course of the Instituto Superior Técnico on the subject of «Models of Turbulence», six of the lectures have been published in Tecnica [1] to [6]. Three of these papers describe the mathematical and physical bases for Turbulence Models and three describe techniques which may be applied to assist their verification. For reasons of space, the emphasis in those papers was on the fundamental bases rather than the application of the methods and, therefore, the series of papers left an important gap which this contribution is intended to fill. Thus, the purpose of this paper is to present results obtained with the aid of the postulated turbulence models and experimental methods and to demonstrate their applicability to engineering practice.

The three papers relating to turbulence models described hypothesis which may be incorporated within the framework of conservation equations to predict mean and fluctuating flows. Consideration was given particularly to the two-dimensional boundary-layer and recirculating-flow forms of the equations. Consequently, this paper presents predictions obtained with equations of these forms and with models of different complexity. The flow configurations, to which the predictions apply, have been selected to demonstrate the relative merits of different models and to indicate practical relevance. Similarly, the papers relating to experimental techniques concentrated on hot-wire and optical-anemometry techniques and results from these instruments are presented here.

(1) This paper was ready for publication in 1971 following those in ref. [1] to [6] and is now in some points not up to date. However, besides completing the previous ones it is thought that it keeps part of its interest, at least as a state of the art in 1971.

(2) Prof. I. S. T. — C. T. A. M. F. U. L.

(3) Assistant I. S. T. — C. T. A. M. F. U. L. — Research associate Imperial College.

(4) Prof. Imperial College.

## BOUNDARY-LAYER EQUATIONS

Reference [7] describes measurements obtained in fullydeveloped pipe and annular flows and in the downstream co-axial-jet region. This flow situation has relevance to industrial burners and usefully serves as demonstration of the applicability of turbulence models within the framework of boundary layer equations.

The properties of fully-developed pipe flow can readily be predicted with a mixing length assumption, i.e. with

$$\overline{uv} = -\lambda^2 \frac{\partial U}{\partial Y} \left| \frac{\partial U}{\partial Y} \right| \qquad (1)$$

and

$$\lambda = 0.435 y_G \,, \quad 0 < y < \frac{0.09}{0.435} y_G$$

$$\lambda = 0.09 y_G \,, \quad \frac{0.09}{0.435} y_G < y < y_G \qquad (2)$$

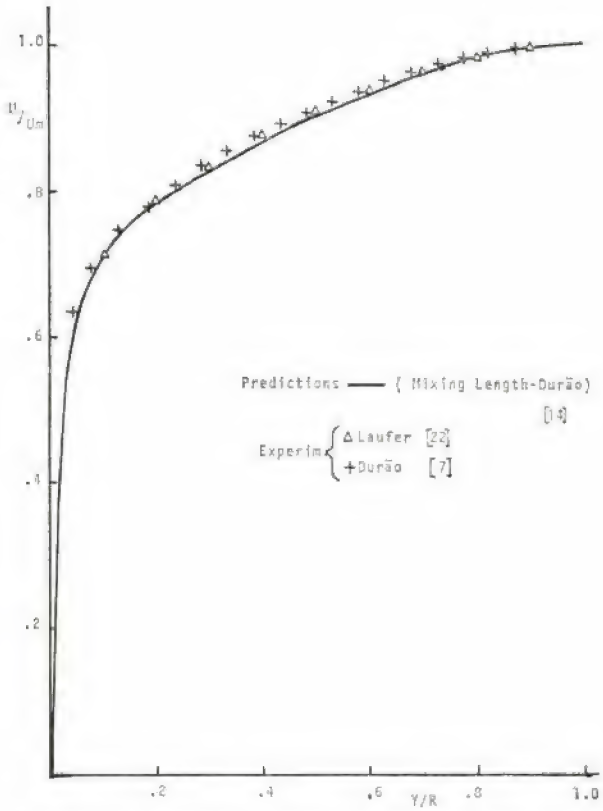



*Fig. 2 — Velocity as a function of distance: Pipe Flow*

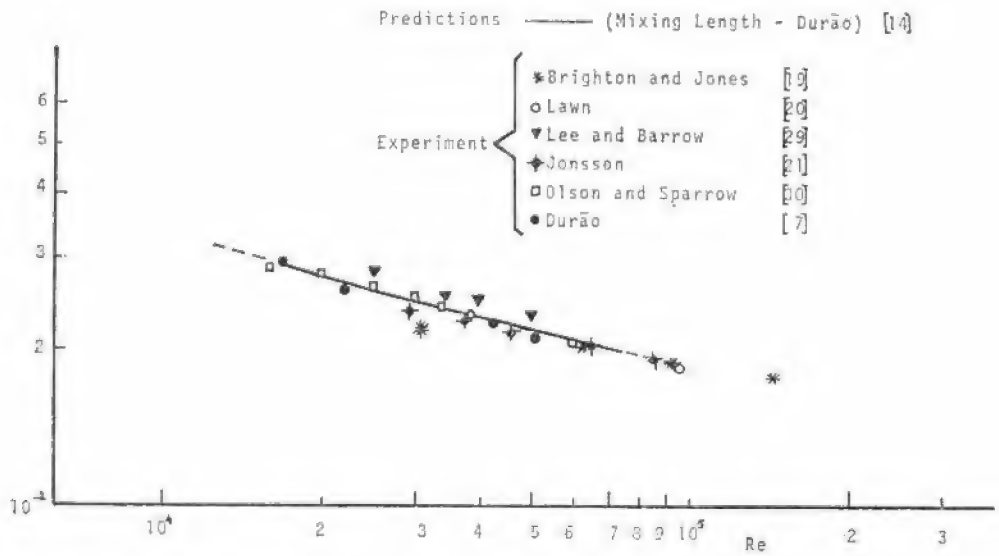



*Fig. 1 — Friction Factor as a function of Reynolds Number: Pipe and Annulus Flow*

The predictions shown on figures 1 and 2 were obtained from the solution of the boundary-layer equations with these assumptions; the solution procedure was that described in reference [8]. In this flow configuration, there is clearly no need to use a more complicated model.

In the annulus, however, the mixing-length assumption implies the co-existence of the zero velocity gradient and zero-shear stress. This is incorrect and has been shown in several papers, including reference [9]. To overcome this difficulty, the effective-diffusivity hypothesis can be adjusted to produce

reasonable results as shown in figure 3; the adjustments were, however, very considerable and the resulting formulation is non-general. A three-equation turbulence model is required to predict asymmetric flows of this type as has been ably shown, for a range of asymmetric flows, in reference [10].

Downstream of the co-axial jet exit, the flow becomes jet like and figure 4 compares predictions with a mixing length and with a two-equation turbulence model for the fully-developed jet situation. In the mixing-length case, the length scale was assumed to have the form

$$\lambda = 0{,}09\ \gamma\ \sigma$$

and results in substantially poorer agreement with experiment than the 2-equation model. Figure 4 also presents values of kinetic energy which cannot be obtained from the mixinglength model. The ability to predict the turbulence intensity is of considerable importance to, for example, transition on blades, stagnation point heat transfer and to the mixing of two streams with similar velocities. Similar results may be anticipated in the flow region closer to the slot where the origins of the flow are still important.

The predictions described in the previous paragraph were also obtained using the numerical procedure described in reference [8].

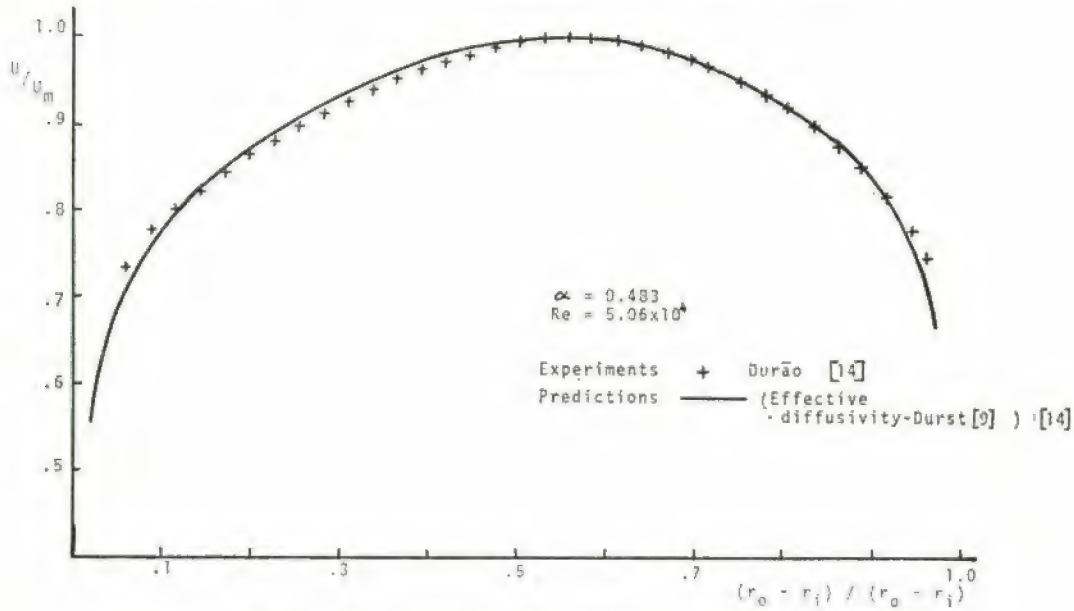



*Fig. 3 — Velocity as a function of distance: Annulus Flow*

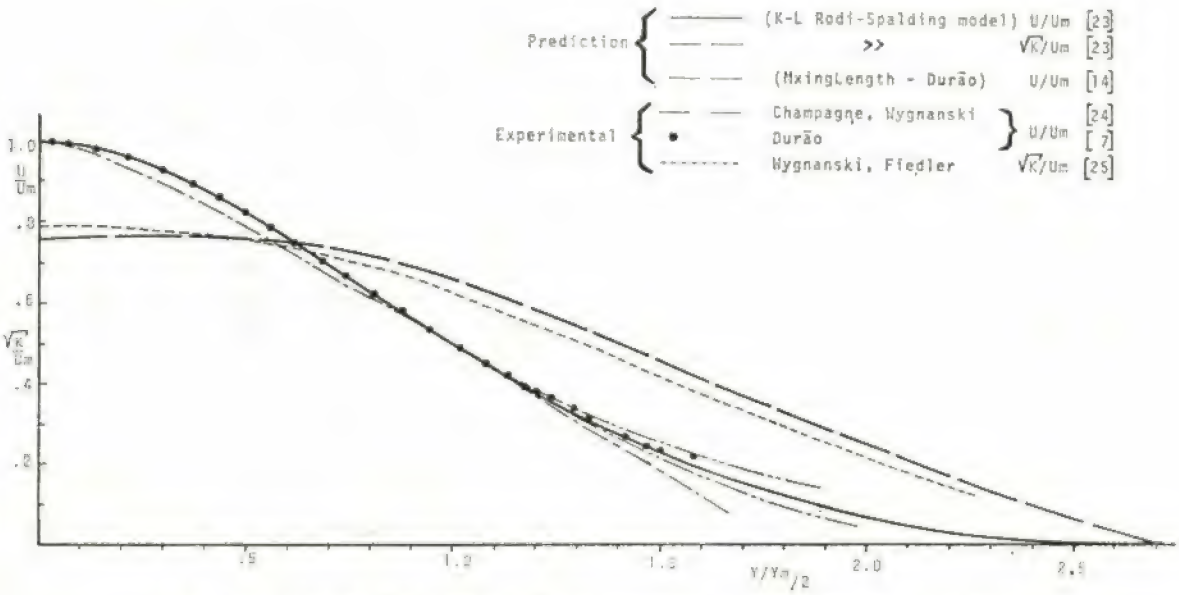



*Fig. 4 — Velocity and Kinetic Energy functions of radial distance: Jet Flow*

## RECIRCULATING-FLOW EQUATIONS

The prediction of steady recirculating flows is more difficult than boundary-layer flows because the relevant mean equations are elliptic and parabolic respectively. The ellipticity of the recirculating-flow equations necessitates iteration to some convergence criteria. A typical laminar calculation, shown on figure 5 and utilising the numerical procedure of reference 11, necessitated 250 iterations and three minutes of IBM 7090 computing time. Thus, turbulent flow predictions, which require the solution of additional equations, also require more computing time and consequent expense.

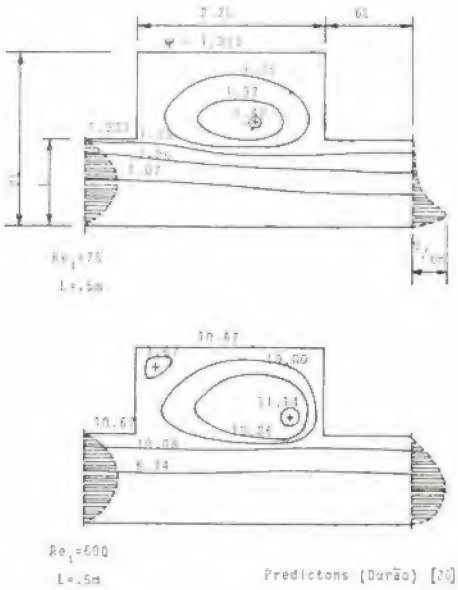



*Fig. 5 — Stream Function Distribution*

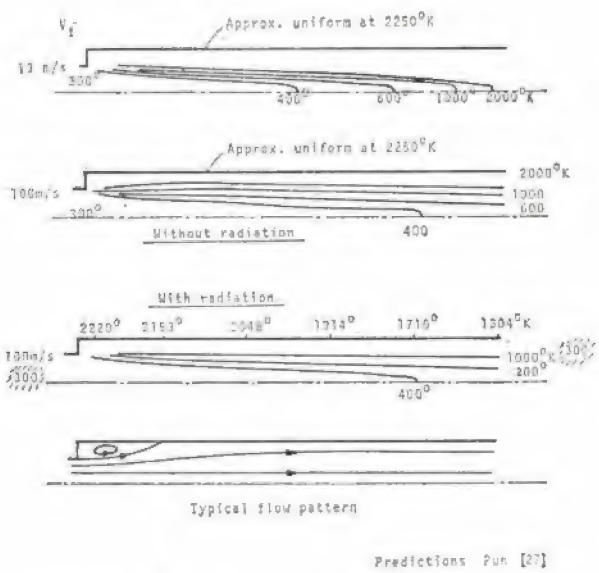



*Fig. 6 — Combustion Chamber Temperature distributions and stream-line patterns: Influence of radiation*

Typical turbulent flow predictions are shown on figure 6 and 7. Figure 6 shows results relevant to a combustion chamber and includes the influence of solid-body radiations. In this case, the effective-viscosity assumption

$$\mu_{eff} = C \left( \dot{m}_1 \, V_1^2 \right)^{1/3}$$

was used and the results, although qualitatively correct, cannot be expected to be accurate. It is important to realise that, although not accurate, predictions of this type can be used to indicate trends which may be of significant practical importance. (1)

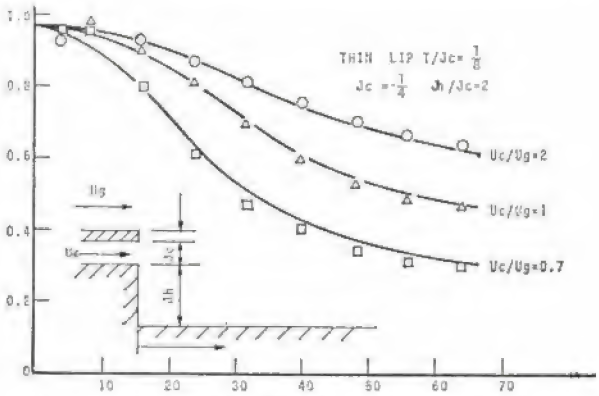



*Fig. 7 — ADIABATIC — WALL EFFECTIVENESS (12)*

Figure 7 shows predicted values of impervious-wall effectiveness obtained in the presence of a backward facing step, a thick slot-lip, and with density gradients. These predictions are described in detail in reference [12]. Previous predictions [13] in a similar but less elliptic flow situation had indicated that the mixing-length assumption was inadequate and that a one equation turbulence model was to be prefered. Subsequent work, reference [12], has shown that the two equation model is significantly superior to the one equation model.

A tentative general conclusion to the use of turbulence models within the framework of recirculating flow equations, is that simple assumptions such as the mixing length can only be used to predict gross trends. In contrast, the use of a two-equation model can be used to produce meaningful magnitudes as well as trends.

## HOT-WIRE ANEMOMETER

The application of hot wire anemometry to turbulent flows must be considered with some caution. The instrument can not conveniently be applied to

(1) Significant improvements have been made meanwhile in this field and were the object of an Extension Course at I. S. T. (C. T. A. M. F. U. L.) in December 1975.

recirculating flows or to flows where the turbulence intensity is high enough to cause the probability of negative velocities to become significant. In addition, the non-linearity of the instrument implies that data reduction for turbulence intensities above approximately 25% becomes increasingly inaccurate. Nevertheless, the hot wire anemometer can be used in many flow situations to provide data which allow predictions obtained using turbulence models and the assumed turbulence models themselves to be checked.

The co-axial jet configuration also provides a satisfactory demonstration of the abilities of the hot wire. Figure 8 presents two profiles of mean velocity and Figure 9 two corresponding profiles of kinetic

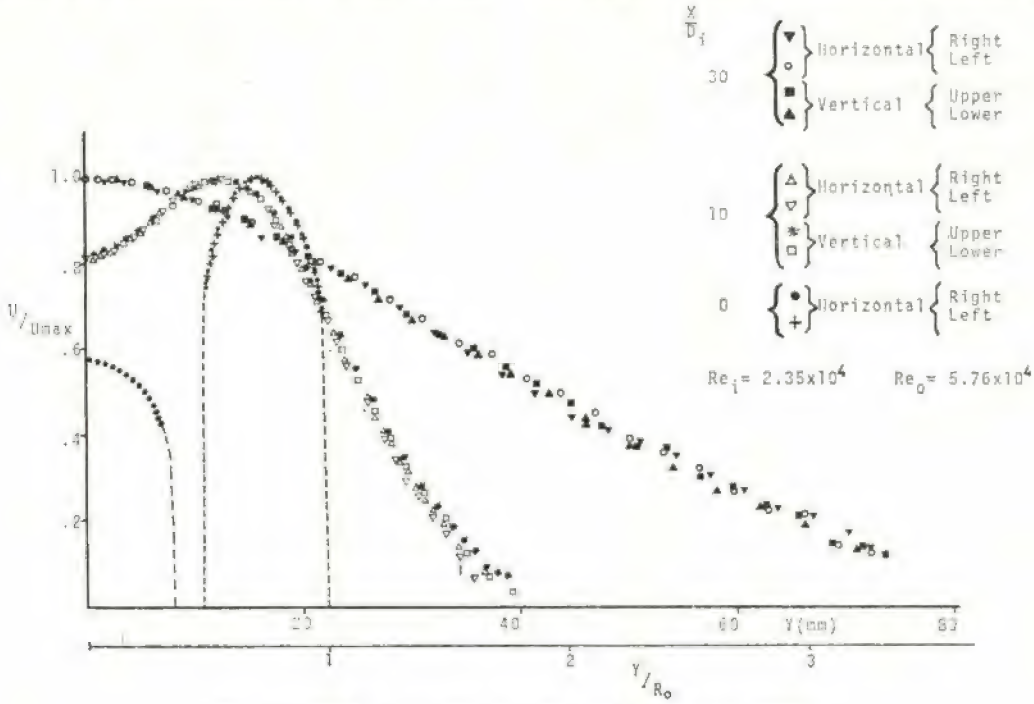



*Fig. 8 — $U/U_{max}$: function of radial and downstream distances*

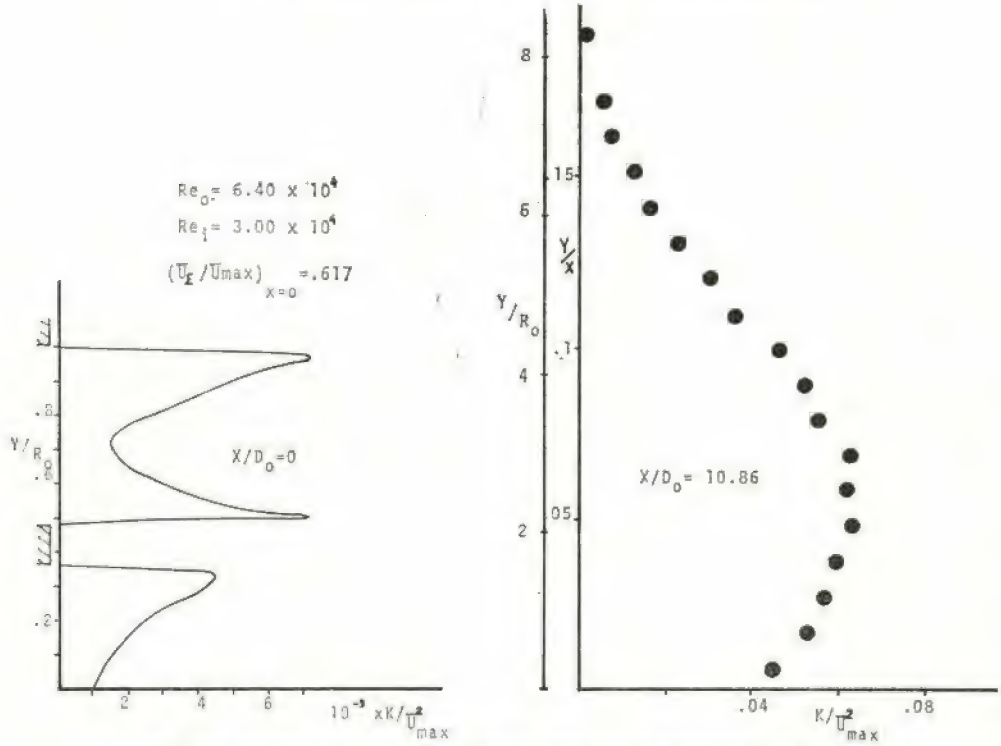



*Fig. 9 — Kinetic energy variation with radial and longitudinal directions*

energy. These results refer to a co-axial jet in which the pipe velocity is smaller than the annulus velocity. The measurements at the pipe exit provide initial conditions for a solution procedure and the downstream measurements provide a means of testing the ability of the turbulence model and the related numerical procedure to predict mean velocity. The kinetic conditions for those turbulence models which include the solution of the turbulence kinetic energy equation and provide the test results for downstream. In energy profiles of Figure 9, similarly provide initial obtaining the values of kinetic energy, the three components of fluctuating velocity were measured separately and, if it is required to test a prediction procedure which includes the equations for each of the normal stresses, then the availability of measurements of this type becomes important. The measurements contained in reference [14] also include shear stress and, therefore, allow the viability of the Prandtl-Kolmogorov hypothesis to be tested directly. In addition, the convective and production terms of the kinetic energy equation can be evaluated exactly leaving the validity of the assumed forms of the diffusion and dissipation terms to be tested together. The hot wire can, in principle, measure the $\overline{u_i}$ correlation contained within the diffusion term but is unable to provide information regarding pressure diffusion or dissipation.

## OPTICAL ANEMOMETER

As indicated in reference [5], the optical anemometer appears capable of measuring in many of the situations where the hot wire anemometer is insufficiently precise. As has been shown in references [15] to [18], the optical anemometer is capable of measuring in water and in air, in fully-developed laminar pipe flow, in fully-developed turbulent channel flow, in turbulent jets, in liquid sprays and in flames. Other applications will undoubtedly be found.

An example of a result from an optical anemometer employed in a turbulent flame is shown on figure 10. The figure shows the probability density distribution of velocity at a point 2.2 diameters from the burner exit; the diffusion flame was formed by the burning of methane in air. The probability density distribution provides complete information of the instantaneous velocity in the longitudinal direction at the location of measurements. From it can be calculated the mean velocity, the r.m.s. of the fluctuating velocity, skewness factor, and the flatness factor; higher order correlation may also be obtained. The appropriate values are provided on the figure.

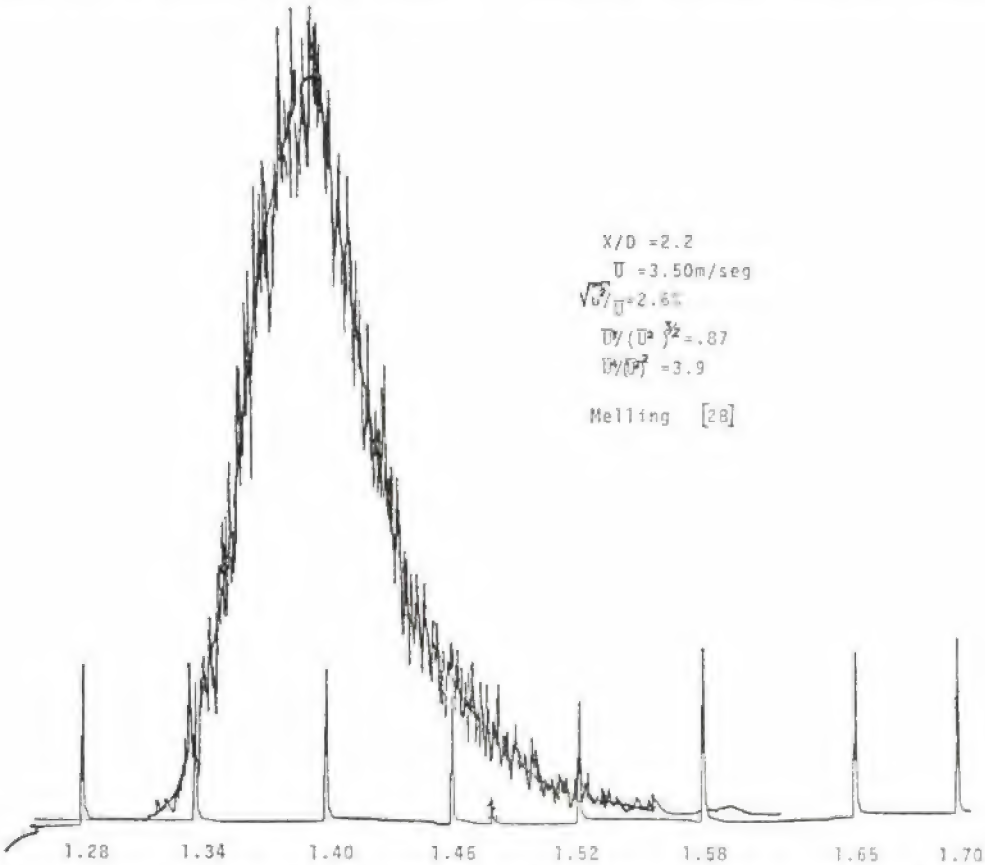



*Fig. 10 — Probability density distribution of axial velocity component in a burner exit*

It is clear from references [15] to [18] that optical anemometers can already be used to measure in many flow situations, including some for which the hot wire is unsuited. For example, the optical ane-

mometer can, in principle, be used in regions of recirculation, in supersonic flow, in combustion systems and in some three-phase flows. Further development of the instrumentation is, however, necessary before accurate measurements can be obtained throughout these flow situations and the requirement that scattering particles be present may limit the applicability.

In the case of recirculating flows, no measurements are presently available mainly because the low mean velocities experienced in such flow situations are usually accompanied by large turbulence intensities. In such cases, the frequency of the measured signal must be shifted away from the zero signal and, although this may be accomplished by optically shifting the frequency of one of the light beams, it has not so far been proved. Devices such as Bragg and Kerr cells are presently under development for this purpose(¹).

Supersonic flow and some combustion systems have in common that scattering particles may only occur naturally in very small concentrations and that seeding is often inconvenient. Optical anemometry depends on the availability of scattering particles and very dilute particle concentration implies the need for a signal analysis system which counts signal periods; this technique may result in very long measuring times.

The ability to measure in liquid/vapour systems depends on the concentration and size of the bubbles or droplets. No severe difficulties have been experienced in liquid sprays but in bubbly flow, optical anemometers will not work if the bubble concentration is sufficiently high to result in loss of signal due to multiple scattering.

## CONCLUSIONS

The present paper has, by example, outlined the range of applicability of turbulence models and two experimental means of verifying their validity. The turbulence models must be used within the framework of conservation equations and solution procedures exist for these equations in both parabolic two-dimensional and elliptic two-dimensional forms. Further work is necessary, and is presently under way, to extend two-dimensional procedures to three--and four-dimensional (3D i.e. space+time) procedures(²). It may be anticipated that in a decade or so the Navier-Stokes equations will be solved using a grid which is sufficiently fine to require the use of turbulence models only for frequencies in excess of, say, 500 Hz. The models indicated in the Extension Course and demonstrated here will help in the formulation of such solution procedures; in the meantime, and in their present form, they have been shown to allow predictions which are satisfactory for many engineering purposes.

Of the two experimental techniques described, it is clear that the optical anemometer will supercede the hotwire anemometer for many purposes. Nevertheless, neither instrument is suitable for all flow situations and neither instrument is capable of verifying, directly, all aspects of turbulence models. The optical anemometer should, however, allow more accurate and detailed checks than has previously been possible with hot wires.

## REFERENCES


(1) Delgado Domingos, J. J. «Fundamental equations of turbulent incompressible flows». Técnica *406*, 287, (1971).

(2) Whitelaw, J. H. «Prediction procedures for two-dimensional boundary-layer flows». Técnica *406*, 299, (1971).

(3) Delgado Domingos, J. J. «Recirculating flows». Técnica *407*, 347, (1971).

(4) Antunes, S. «An introduction to hot wire anemometry». Técnica *407*, 357, (1971).

(5) Durst, F. «Introduction to Laser Doppler-Shift Anemometry». Técnica, *408*, 431-445, (1971).

(6) Durst F. «The application of hot-wire anemometers in low and highly turbulent flows». Técnica *409*, 503-517, (1971).

(7) Durão, D. F. G. «Experimental investigation of co-axial jets». Instituto Superior Técnico, Mech. Eng. Dept. DTA RC/5 (1971).

(8) Patankar, S. V. and Spalding, D. B. «Heat and Mass Transfer in Boundary Layers» Intertext Books (1970).

(9) Durst, F. «On turbulent flows through Annular Passages with Smooth and Rough Cores». M. Sc. Thesis, Imperial College, Mech. Eng. Dept. (1968).

(10) Hanjalic, K. «Two-dimensional Asymmetric Turbulent Flow in Ducts». Ph. D. Thesis, Imperial College, Mech. Eng. Dept. (1970).

(11) Gosman, A. D., Pun, W. M., Runchal A. K., Spalding D. B., Wolfshtein M., «Heat and Mass Transfer in Recirculating Flows». Academic Press (1969).

(12) Mathews, L. and Whitelaw, J. H. «The prediction of film cooling in the presence of recirculating flows with a two-equation turbulence model». Imperial College, Dept. of Mech. Eng. Report EHT/TN/A/35, (1971).

(13) Kacker, S. C. and Whitelaw, J. H. «Prediction of wall-jet and wall-wake flows». J. Mech. Eng. Sci. *12*, 404, (1970).


(¹) They have already been tested and measurements performed.

(²) They exist now for the general 3D equations, compressible or incompressible fluid flow and steady or unsteady tions.

(14) Durão, D. F. G. «Turbulent Mixing of Co-axial jets». M. Sc. Thesis, Imperial College, Mech. Eng. Dept. (1971).

(15) Durst, F. and Whitelaw, J. H. «Measurements of mean velocity, fluctuating velocity and shear stress in air using a single channel optical anemometer». DISA Information, 12, Nov. (1971).

(16) Durst, F. and Whitelaw, J. H. «Integrated optical units for optical anemometry». Journal of Physics E, 804, Nov. (1971).

(17) Durst, F. and Whitelaw, J. H. «Optimisation of optical anemometers». Proc. Roy. Soc. Lond A324, 157-181 (1971).

(18) Durst, F., Melling A. and Whitelaw J. H. «The application of optical anemometry to measurement in combustion systems». Imperial College, Mech. Eng. Dept. ET/TN/A/8.

(19) Brighton J. A. and Jones J. B. «Fully Developed Turbulent Flow» in Annuli. J. Basic Eng., 835-844 (1964).

(20) Lawn C. J. «Application of the turbulence energy equation to fully developed flow in a simple duct». Central Electricity Generating Board RD/B/R1575, (1970).

(21) Jonsson V. K. «Experimental studies of turbulent flow phenomenon» in eccentric annuli. Ph. D. thesis, Univ. Minnesota, 1967.

(22) Laufer, J. «The Structure of Turbulence in Fully Developed Pipe Flow». NACA TN 2954 (1953).

(23) Rodi W. and Spalding D. B. «A two-parameter model of turbulence and its application to free jets». Imperial College, Mech. Eng. Dept. BL/ /TN/B/12 (1969).

(24) Champagne F. H., Wygnanski I. J. «Coaxial Turbulent Jets». Boeing Scientific Research Laboratories D1-82-958 (1970).

(25) Wygnanski I. J. and Fiedler H. «Some measurements in the self-preserving jet». J. Fluid Mech., 38, 577-612 (1969).

(26) Durão, D. F. G. «Cálculo numérico de escoamento plano com recirculação» (to be published).

(27) Pun W. M. «Computation of temperature distribution and radiant heat flux in a cylindrical combustion chamber». Imperial College, Mech. Eng. Dept. Report EF/TN/A/21 (1969).

(28) Melling A. Private communication.

## NOMENCLATURE

$C$ = Characteristic combustion chamber parameter

$\lambda$ = mixing length

$\dot{m}_I$ = mass flow rate at the entrance of combustion chamber

$V$ = mean velocity

$\overline{uv}$ = turbulent shear stress

$V_I$ = mean velocity at the entrance of combustion chamber

$\overline{vk}$ = triple velocity correlations

$\gamma$ = radial direction of coordinate system

$\gamma_\delta$ = characteristiic thickness of the layer

$\rho$ = specific mass

$\mu_{eff}$ = effective viscosity

$\eta$ = adiabatic — wall effectiveness

$$\frac{Tad._N - T_G}{T_C - T_G}$$

## SUBSCRIPTS

ad.w adiabatic wall
C slot
G free stream

NÚMERO 434 MARÇO DE 1976 ANO LI VOLUME XXXVII

C. D. U. 621.039.

# Aproveitamento da Energia Nuclear

F. M. MOREIRA SERRA
M. A. REI VILAR
Departamento de Física do I. S. T.

**RESUMO**

*Como consequência da escassez de combustíveis fósseis, apresenta-se a necessidade do aproveitamento da energia nuclear. Descrevem-se brevemente os processos de fissão e fusão nuclear. Destaca-se a necessidade do estudo da Física dos Plasmas para a concretização da fusão nuclear controlada. O texto destina-se essencialmente a alunos dos primeiros anos dos cursos de engenharia.*

**SUMMARY**

*The need of fission and fusion as an energetic source, due to the lack of conventional fuels, is introduced.*

*Fission and fusion processes are described.*

*The contribution of Plasma Physics to the controlled fusion is emphasized.*

*This text is mainly directed to undergraduate students.*

O objectivo da elaboração deste texto de apoio para uma cadeira básica de Termodinâmica, destinada a alunos dos primeiros anos de um curso de Engenharia, é o completar a compreensão do conceito de energia e em particular da ideia de energia potencial; pretende-se portanto que esta noção seja generalizada não atendendo unicamente à energia potencial química, mas considerando também os gigantescos recursos energéticos do núcleo.

É evidente que simultaneamente se salienta e se demonstra o interesse do estudo de determinados domínios da investigação tais como a Física Nuclear e a Física dos Plasmas e da sua ligação às necessidades concretas do homem.

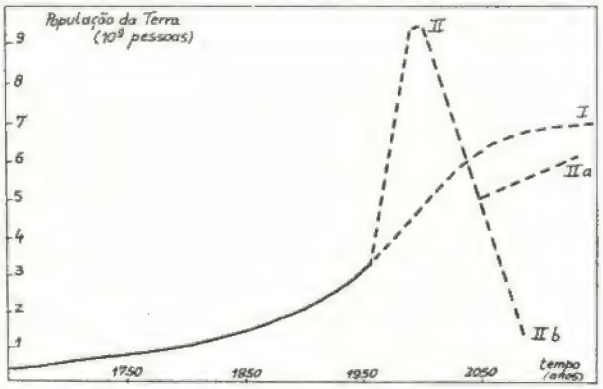
## PRÓLOGO

As necessidades de energia eléctrica dos países industrializados duplicam actualmente de dez em dez anos, pois a população da Terra continua a aumentar. Mesmo admitindo um abrandamento ou uma paragem de explosão demográfica, outras fontes de energia para além dos materiais fósseis ou de hidroelectricidade serão necessários.

A fissão nuclear trouxe uma solução a curto prazo, mas os problemas de segurança e dos dejectos radioactivos arriscam a que ela se torne inutilizável a longo prazo.

A energia de fusão, se for «domesticada», permitirá resolver em parte estes problemas.

Após 15 anos de pesquisas muitas vezes difíceis o balanço é positivo e permite pensar que a energia de fusão será no futuro um elemento importante do desenvolvimento das sociedades.




## CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO DA TERRA EM FUNÇÃO DO TEMPO

Hipótese I: saturação gradual no decorrer do século XX.

Hipótese II: mantem-se a taxa de crescimento exponencial prevendo-se perturbações profundas: IIA: saturação da população sobrevivente IIB: extinção.

## 1. Reservas de energia e sua duração

Um dos grandes problemas que se apresenta ao homem de hoje é saber se a humanidade poderá subsistir com as reservas de energia conhecidas ou em vias de concretização.

O estudo dos problemas energéticos e a estatística das reservas de energia conhecidas ou possíveis é pois bastante importante; nelas é usual utilizar a unidade de energia britânica

$Q = 10^{18}$ BTU (1 BTU, ou BRITISH THERMAL UNIT, representa 1055 J ou seja 252 cal).

para padrão, e estatísticas actuais indicam que o consumo de energia no nosso planeta é da ordem de 0,25 Q por ano. Entrando em consideração com a taxa de crescimento da população pode prever-se para o ano 2000 que o consumo de energia ronde 2,8 Q por ano; admitindo daí em diante este valor mais ou menos estacionário (correspondente a admitir que a população da Terra pára de aumentar significativamente, aproximando-se de um certo valor previsto na hipótese (I) da figura anterior), pode estimar-se num quadro a duração em anos das reservas de energia. A energia fóssil é a mais familiar de todas, tendo como inconveniente a poluição atmosférica a que conduz. As suas reservas estão praticamente gastas e a utilização delas como fonte de energia representa um desperdício de matérias-primas que podem ser muito mais úteis quando aproveitadas para outros fins, graças ao progresso da química.

Ao debruçarmo-nos pelas formas de energia usualmente designadas por inesgotáveis, verificamos que o seu rendimento é em geral elevado, mas que na maior parte dos casos são muito limitadas servindo apenas de apoio: caso da energia hidroeléctrica onde apenas existem por explorar alguns lugares em África; no que se refere à energia solar, grandes são as esperanças depositadas no seu aproveitamento (notar que 1 $Km^2$ no Equador recebe em condições óptimas uma potência de cerca de 1 Gigawatt) mas actualmente a sua utilização ainda é limitada; no que respeita à energia geotérmica, é já explorada nalgumas regiões como em Itália (Lardarello), mas noutras põe-se o problema de poder escavar em condições económicas poços, atingindo rochas a grande profundidade, de elevada temperatura, assegurando em seguida um contacto entre essas rochas e água, sob pressão, circulando sobre elas. Estas formas de energia, embora potencialmente inesgotáveis, só a longo prazo poderão ser inteiramente aproveitadas.

| TIPO DE ENERGIA | DURAÇÃO EM ANOS |
|---|---|
| ENERGIA FÓSSIL: (carvão, petróleo, gás, etc.) | |
| Reservas conhecidas | 8 |
| Reservas estimadas | 160 |
| ENERGIAS INESGOTÁVEIS: (solar, geotérmica, hidroeléctrica, eólica, etc.) | INFINITA |
| ENERGIA DE FISSÃO: | |
| minerais de alto teor | 2,6 |
| minerais de baixo teor | $2{,}7.10^4$ |
| Super regeneradores (rendimento 60%) | |
| minerais de alto teor | 110 |
| minerais de baixo teor | $1{,}1.10^6$ |
| ENERGIA DE FUSÃO: | |
| Lítio (ciclo D-T rendimento 30%) | $2.10^6$ |
| * Deutério (ciclo D-T rendimento 30%) | $2{,}5.10^9$ |

Somos pois levados a encarar o aproveitamento de energia nuclear, obtida através de dois processos distintos cuja génese e fundamento analisaremos mais adiante:

Fissão nuclear: núcleo pesado fragmentado em duas ou mais partes por acção de um neutrão, acompanhado por libertação de energia.

Fusão nuclear: possibilidade de dois núcleos leves se combinarem, obtendo-se produtos com maior energia cinética.

Após o balanço das reservas energéticas e de se ter concluído da necessidade do aproveitamento da energia nuclear vamos analisar com certo detalhe os processos referidos donde mais facilmente ressaltam as vantagens e desvantagens a eles inerentes bem como as dificuldades da sua concretização.

## 2. Reacções químicas e reacções nucleares

Nos átomos os electrões são atraídos para o núcleo por forças de Coulomb proporcionais ao produto das cargas dividido pelo quadrado da distância entre elas.

O núcleo é formado por cargas positivas (protões) e neutrões, de massa muito maior do que a massa do electrão (respectivamente 1836 e 1838 vezes maior) pelo que quase toda a massa do átomo está concentrada no núcleo; a interacção entre as partí-

* Os valores indicados têm como base uma população de 7 biliões de pessoas com um nível de vida suposto igual ao do americano médio do ano 2000. A duração do aproveitamento da energia de fissão está fortemente condicionada pelo problema económico da extracção das matérias-primas, pela resolução dos problemas ecológicos e pela optimização dos reactores.

culas carregadas do núcleo é pois repulsiva e tenderia a desintegrá-lo, o que se verificaria se não houvesse uma *força nuclear*, atractiva, muito mais forte do que as forças electrostáticas — esta força é de curto raio de alcance ($\sim 10^{-15}$m) sendo, para estas distâncias, da ordem de um milhão de vezes mais forte do que as forças que ligam os electrões aos núcleos. Este facto explica pois a diferença de energia libertada em reacções químicas e reacções nucleares.

Podemos estabelecer que em todas as reacções, químicas e nucleares, a energia libertada ou absorvida na reacção é proporcional à variação da massa dos produtos e dos reagentes; por exemplo, numa combustão:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

sendo possível pesar rigorosamente o $CO_2$ formado, verificar-se-ia que a sua massa era ligeiramente inferior à soma das massas de C e $O_2$; a quantidade de massa «desaparecida» aparece sob a forma de energia.

Nesta reacção bem como em todas as reacções químicas a fracção da massa convertida em energia é muito pequena ($\sim 1/10^9$), pois nas reacções químicas estamos apenas a fazer um rearranjo dos electrões periféricos e portanto apenas forças de Coulomb estão em causa.

Devemos pois ter consciência do desperdício que existe ao converter-se massa em energia por processos químicos, nomeadamente queima de combustíveis: actualmente convertem-se aproximadamente 10 mil milhões de toneladas de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) em cinzas inúteis e fumos tóxicos para produção de energia com um rendimento cujo limite superior é como se disse de $1/10^9$.

As reacções nucleares envolvem modificação das configurações de neutrões e protões que constituem o núcleo e só há pouco foram consideradas e provocadas pelo homem.

A primeira reacção nuclear provocada pelo homem foi efectuada em 1932 por COCKCROFT e WALTON, bombardeando lítio por protões de um acelerador: os núcleos capturam um protão para formar berilio que em seguida se desintegra em dois núcleos de hélio (partículas $\alpha$):

$$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{8}_{4}Be \rightarrow 2\,^{4}_{2}He$$

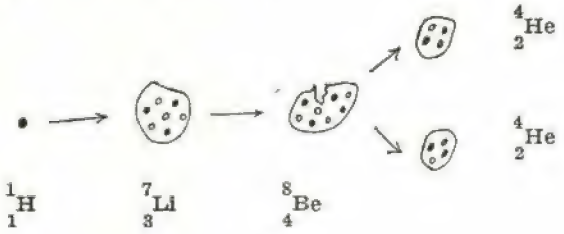



*Fig. 1*

A massa convertida em energia como resultado desta reacção é de cerca de 2% da massa de um protão ou neutrão, ou de *2,5 partes em mil* da massa total das partículas envolvidas na reacção (oito).

O rendimento da conversão de massa em energia como resultado de reacções nucleares é em geral da ordem de $1/10^3$, que é pois cerca de um milhão de vezes maior do que o resultado para reacções químicas, o que está de acordo com as diferenças entre as forças em jogo (as forças envolvidas em reacções nucleares são da ordem de $10^6$ vezes maior do que as envolvidas nas reacções químicas).

### 3. Fissão nuclear

A primeira fissão experimentalmente observável foi um sub-produto acidental de um programa de pesquisas com diferente objectivo: tentativa de produzir núcleos mais pesados do que o urânio por bombardeamento de neutrões, em 1938 por HAHN e STRASSMANN.

Num parêntesis, notar que o núcleo natural mais pesado é o do Urânio, que tem dois isótopos:

$$^{235}_{92}U \quad e \quad ^{238}_{92}U$$

Cada núcleo tem 92 protões sendo rodeado por uma estrutura de 92 electrões, pelo que os átomos são quimicamente idênticos ou seja têm as mesmas propriedades químicas (esta a definição do termo *isótopo)*; no entanto os isótopos têm 143 e 146 neutrões respectivamente pelo que são diferentes as configurações nucleares e portanto as propriedades nucleares.

Ao efectuar o referido bombardeamento pretendiam obter núcleos mais pesados e com diferentes propriedades químicas do urânio; era de esperar pois, que por captura de um neutrão o núcleo se tornasse instável e um (ou mais) dos neutrões se transformasse em protão com emissão de um electrão (ou mais). Como resultado verificaram alteração das propriedades químicas mas o elemento obtido tinha propriedades que coincidiam não com as dos elementos pesados mas com as dos elementos médios; concluiu-se que de facto os isótopos do urânio ao tornarem-se instáveis sofriam um processo muito diferente do esperado:

$$^{235}_{92}U + n \rightarrow ^{236}_{92}U \begin{cases} \nearrow \text{núcleos resultantes da fissão} \\ \searrow \text{dois ou três neutrões} \end{cases}$$

— o $^{236}_{92}U$ instável desintegra-se produzindo núcleos desde o germânio ao gadolinio verificando-se que:

1. A reacção é exotérmica, sendo a produção de energia correspondente à fracção de massa de 1 em mil
2. Produziam-se neutrões livres (em média 2,5 por fissão).

Após estas conclusões surgiu naturalmente a ideia de obter uma reacção em cadeia, utilizando os neutrões libertados para novos processos de fissão. O processo de reacção em cadeia não é fácil, no entanto, porque o $^{235}_{92}U$ ocorre no urânio natural numa percentagem de apenas 0,7%, enquanto que os restantes 99,3% são constituídos pelo isótopo mais pesado $^{238}_{92}U$ e este ao capturar um neutrão comporta-se exactamente como esperado por HAHN e STRASSMANN:

$$^{238}_{92}U + n \longrightarrow {}^{239}_{92}U \xrightarrow{\beta-} {}^{239}_{93}Np \xrightarrow{\beta-} {}^{239}_{94}Pu$$

em que por $\beta$- se designa o processo de transformação neutrão-protão atrás descrito (1). A maior parte dos neutrões produzidos na fissão do $^{235}_{92}U$ são absorvidos, pelo que não garantem uma fissão em cadeia. Para o conseguir é pois preciso separar os dois isótopos, o que não será possível quimicamente (como já vimos tem propriedades químicas idênticas). São essencialmente dois os processos utilizados:

— separação utilizando as diferentes velocidades de difusão do $^{235}_{92}UF_6$ e do $^{238}_{92}UF_6$ através de uma membrana porosa: o primeiro difunde-se mais rapidamente por ter menor massa (processo longo e caro)

— por ionização do urânio e em seguida acelerando os iões e passando-os por um campo magnético; as trajectórias dos iões $^{235}_{92}U$ e $^{238}_{92}U$ são circulares mas as do primeiro têm um raio ligeiramente inferior, por menor ser a massa, pelo que se podem recolher separadamente.

Notar que por utilização de ambos estes processos foi possível conseguir urânio suficientemente rico em $^{235}_{92}U$ para manufacturar a primeira bomba atómica. Posteriormente foi também utilizado o processo de fissão com o $^{239}_{94}Pu$, produzido por bombardeamento do $^{238}_{92}U$, como se viu, e que também sofre fissão após captura de um neutrão. Este elemento, sendo quimicamente diferente do urânio a partir do qual é produzido separa-se dele facilmente.

Mais recentemente constatou-se que existe um terceiro elemento susceptível de sofrer um fenómeno de fissão: $^{233}_{92}U$, isótopo do urânio, que *não existe* na natureza mas que se pode produzir a partir do tório, abundante na natureza,

$$^{232}_{90}Th + n \longrightarrow {}^{233}_{90}Th \xrightarrow{\beta-} {}^{233}_{91}Pu \xrightarrow{\beta-} {}^{233}_{92}U$$

separando-se facilmente do tório, de que é produzido, por processos químicos.

### 3.1 Aplicação e desvantagem dos processos de fissão

As principais aplicações dos processos de fissão são a produção de energia eléctrica e a construção de armas nucleares. Existem no entanto outras aplicações:

— Explosões subterrâneas para libertação de gases naturais.

— Construção de canais e portos artificiais (canal Atlântico-Pacífico através do Istmo Pan Americano).

— Reactores nucleares para propulsão. Em princípio um reactor nuclear poderia ser utilizado como fonte de energia em conjugação com um fluido adequado para produzir a força propulsora de qualquer veículo; a necessidade de isolar o reactor de modo a atenuar a radiação para um nível aceitável limita no entanto a aplicação da energia nuclear para grandes veículos, como submarinos, navios de carga e quebradores de gelo.

— Aproveitamento da água do mar (dessalinização) em zonas para onde não são possíveis transportar grandes quantidades de combustível.

Um problema levantado pelos processos de fissão é o da segurança, devido aos materiais radioactivos em jogo que em caso de acidente numa central nuclear podem ter efeitos catastróficos, bem como relativamente à quantidade de materiais radioactivos, numa central, que é suficiente para poder construir várias bombas atómicas se desviados dos seus fins pacíficos de obtenção de energia.

A outra questão delicada, ligada à primeira, é a das cinzas radioactivas produzidas, que na maior parte têm tempos de vida elevados, e dos locais para as depositar; é duvidoso que sejam boas soluções utilizar minas a grandes profundidades ou o fundo dos oceanos para colocar estes produtos, o que num futuro não muito distante poderá ter graves consequências se o material constituinte dos recipientes se deteriorar. Os problemas postos pelos processos de fissão, a par de um rendimento pouco satisfatório dos reactores ordinários e da relativa escassez de combustíveis fissíveis, leva-nos a encarar a utilização da energia de fissão como uma solução de curta duração e a dirigir a nossa atenção para os processos de fusão nuclear e a constituição de reactores de fusão nuclear controlada.

(1) Ver apêndice.

## 4. Fusão nuclear

Vamos em seguida analisar o segundo processo possível para o aproveitamento da energia nuclear: fusão de elementos leves, acompanhada por libertação de energia.

Um método que permite avaliar o comportamento dos diversos elementos como combustíveis nucleares é conhecer a quantidade de energia necessária para manter a coesão entre os constituintes dos diferentes núcleos atómicos (protões e neutrões, globalmente designados por nucleões), o que se pode medir simplesmente através da diferença entre a massa de um núcleo e a soma das massas dos seus constituintes. Na figura indica-se a energia de ligação nuclear por nucleão para vários elementos:

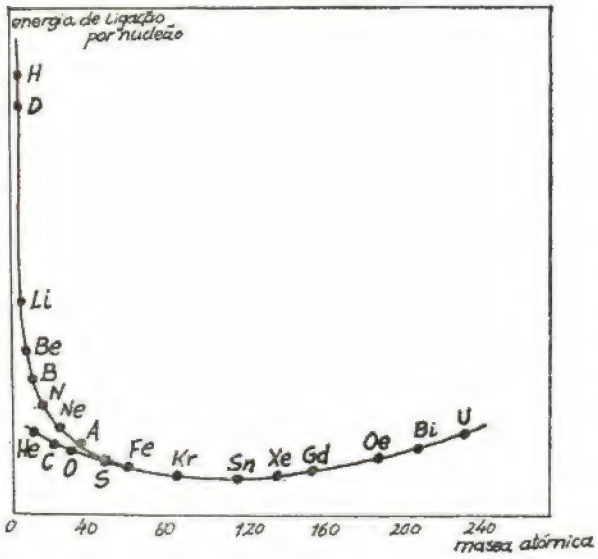



*Fig. 2*

Compreende-se pois como se pode obter energia nuclear por fissão de elementos pesados como o $^{235}U$ mas verifica-se que é muito mais rentável partir de elementos leves e construir, por fusão, elementos mais pesados: é assim que as estrelas produzem a sua energia por transformação do hidrogénio em hélio.

A seguir indicam-se um certo número de reacções nucleares exotérmicas e as suas secções eficazes:

$$^{2}_{1}D + ^{2}_{1}D \nearrow \left(^{3}_{1}T + 1\ Mev\right) + \left(^{1}_{1}H + 3\ Mev\right)$$

$$^{2}_{1}D + ^{2}_{1}D \searrow \left(^{3}_{2}He + 0{,}8\ Mev\right) + \left(n + 2{,}5\ Mev\right)$$

$$^{2}_{1}D + ^{3}_{1}T \longrightarrow \left(^{4}_{2}He + 3{,}5\ Mev\right) + \left(n + 14\ Mev\right)$$

$$^{2}_{1}D + ^{3}_{2}He \longrightarrow \left(^{4}_{2}He + 3{,}7\ Mev\right) + \left(^{1}_{1}H + 14{,}7\ Mev\right)$$

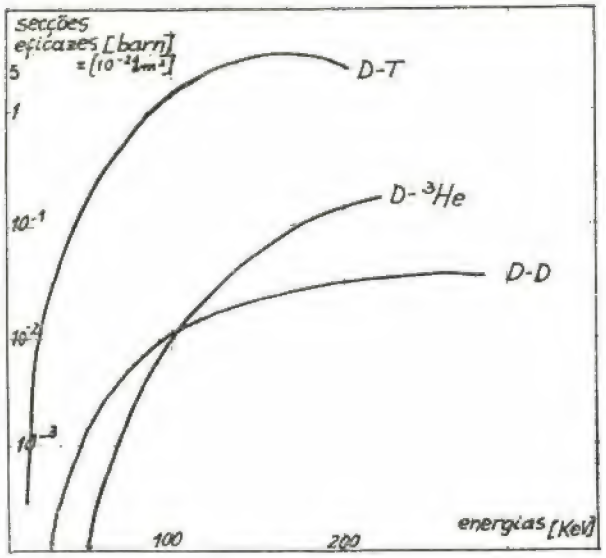



*Fig. 3*

Verificamos pois que as reacções de fusão originam neutrões, n, bem como partículas carregadas: protões ($^{1}_{1}H$) e partículas $\alpha$ ($^{4}_{2}He$), todas elas animadas de grande energia cinética.

Da análise da Fig. 2 verifica-se no entanto que para as reacções se efectuarem são necessárias temperaturas muito elevadas pois só a partir de valores da ordem de 100 KeV ($<>$ $10^{7}$K) as secções eficazes apresentam valores significativos. Notar ainda que, para a mesma energia, é mais fácil efectuar a fusão do deutério com o trício do que entre dois núcleos de deutério, ou seja, que a reacção D-T é muito mais rápida, pois maiores são as secções eficazes.

O rendimento para o processo D-D é da ordem da conversão de uma parte em mil para a massa, rendimento semelhante ao dos processos de fissão.

Para a reacção D-T tem-se a conversão de 4 em mil, rendimento máximo para os processos de fusão. No entanto o trício não existe na natureza (elemento radioactivo decompondo-se com um período de 12 anos) pelo que esta reacção só pode ser possível se se obtiver trício por exemplo a partir do lítio ou do berilio aproveitando os neutrões com elevada energia das reacções nucleares:

$$^{3}_{7}Li + n \longrightarrow ^{3}_{1}T + ^{4}_{2}He + n - 2{,}5\ Mev$$

$$^{6}_{3}Li + n \longrightarrow ^{3}_{1}T + ^{4}_{2}He + 4{,}6\ Mev$$

### 4.1 Vantagens dos processos de fusão

— O deutério existe no hidrogénio da água do mar, sendo pois as suas reservas muito superiores à do tório ou urânio.

— Os produtos dos processos de fusão: $^{4}_{2}He$, $^{3}_{2}He$ e $^{3}_{1}T$, são estáveis à excepção do trício, que como já se disse é radioactivo; o trício não se pode no entanto considerar como um desperdício antes pode ser aproveitado para processos de fusão em que, como se viu, é mais eficiente do que o deutério. Qualquer reactor de fusão deve ter em conta o reaproveitamento do trício pelo que não existirão desperdícios radioactivos.

— A quantidade total do material radioactivo num processo de fusão é muito menor do que num reactor de fissão, pelo que menores serão os acidentes causados por escape dos materiais do reactor.

### 4.2 O problema da fusão nuclear controlada

Após verificarmos as potencialidades e as vantagens dos processos de fusão estamos prontos a perceber quais as dificuldades existentes em manter reacções de fusão auto-consistentes, que levem globalmente à libertação de energia. Estas dificuldades resultam de condições físicas específicas: os núcleos leves devem estar animados de energia cinética suficiente para vencer a repulsão electrostática entre eles. No processo de fissão os neutrões, partículas sem carga eléctrica, entram livremente no núcleo de urânio não sendo praticamente influenciadas pela carga positiva deste.

Compreende-se assim o falhanço de experiências iniciais em que feixes de deuterões (núcleo do átomo de deutério) eram acelerados sobre alvos constituidos por deutério ou trício; as interacções que mais ocorrem nestas condições são colisões elásticas (aquecimento do alvo) e inelásticas (excitações e ionizações), sendo a energia dos deuterões incidentes perdida nestes processos, não havendo energia suficiente para actuarem o núcleo. Alguns, poucos, fenómenos de fusão podem ocorrer mas a energia eléctrica dispendida para acelerar os núcleos do feixe é sempre superior à libertada. Esta constatação levou THOMSON (1946) a pensar que um caminho prometedor consistiria em fornecer a um gás de deutério energia suficiente para produzir, primeiro, a ionização dos átomos, e em seguida a fusão. Após a ionização (separação do núcleo do deutério do seu electrão) tem-se um sistema constituído por igual número de partículas carregadas positivamente e de electrões, a que se pode chamar *plasma*.

Foi assim que, por volta de 1950, os poucos físicos que trabalhavam no domínio da física dos plasmas viram o seu número e o seu crédito aumentar fulgurantemente, pois o problema da fusão nuclear controlada é essencialmente um problema de física dos plasmas, campo complexo e de fenómenos imprevistos. No plasma de deutério temos pois iões que se repelem, sendo necessário fornecer-lhes suficiente energia cinética para que sejam vencidas as forças de Coulomb e possibilitada a fusão («aquecimento» do plasma). A energia térmica dos deuterões para uma certa temperatura será suficiente para vencer as forças repulsivas.

Notar que um problema que surge é que uma partícula carregada, em movimento, emite energia sob a forma de radiação electromagnética, o que representa perda de energia pelo sistema (essencialmente através dos electrões, por serem mais leves). Tal como o número de fenómenos de fusão estas perdas por radiações aumentam com a temperatura, felizmente, menos rapidamente.

Quando a taxa de produção de energia excede a taxa de energia perdida haverá aumento da temperatura do sistema e a possibilidade pois de uma reacção auto-suficiente (Fig. 4).

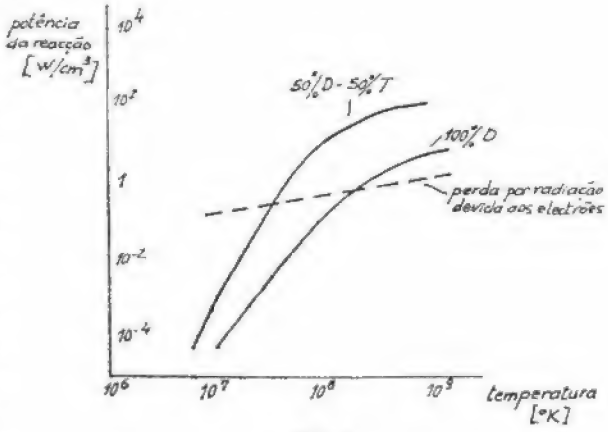



*Fig. 4*

Infelizmente estas temperaturas estão ainda por atingir:

Plasma de deutério: 200 milhões °C
Plasma mistura de deutério-trício: 20 milhões °C.

Além da temperatura extremamente elevada é necessário que o sistema de fusão se conserve confinado (sem contacto com vizinhanças materiais) por um tempo suficiente para que se efectue o número de fenómenos de fusão necessários, o que se pode traduzir no critério estabelecido por Lawson:

$$n\,\tau > 10^{14}\ cm^{-3}\ s \quad \text{(para D-T)}$$

n: densidade do plasma
$\tau$: tempo durante o qual se efectuam as reacções (tempo de confinamento)

Estão assim indicados os problemas-chave a resolver:

— aquecimento
— confinamento

para as reacções serem *rentáveis* do ponto de vista energético.

O aquecimento pode essencialmente obter-se:

— por aquecimento ohmico aproveitando a ionização do gás (que permite a condução de corrente eléctrica): $I^2R$, sendo R a resistência do plasma.

— quando todos os átomos de deutério estão dissociados no seu núcleo e electrão (ionização completa); o valor da resistência do plasma tende para um valor muito baixo pelo que outro mecanismo é necessário: supondo o gás constituído por um grande número de filamentos de corrente cada um deles provoca um campo magnético no plano perpendicular aos elementos; a interacção entre este campo e a corrente é uma força que tende a aproximar os filamentos de corrente exteriores para o eixo — o gás é comprimido («pinched») num estreito filamento axial resultando um seu aquecimento posterior; quando deixa de ser efectivo o mecanismo de aquecimento ohmico (abaixo de $10^6$ °C) este processo de compressão prossegue o aquecimento.

O segundo problema, o confinamento, está ligado ao efeito de compressão, pois o plasma mantém-se numa dada região do espaço devido ao campo magnético que ele próprio gera; este confinamento pelo campo magnético é vital pois nenhum material suportará as temperaturas previstas de vários milhões de graus. Nos últimos anos a investigação tem-se debruçado em busca de configurações do campo magnético que permitem a permanência de um plasma quente, estável, pelo tempo necessário a verificar-se o critério de Lawson, bem como possíveis mecanismos adicionais de aquecimento.

**Resultado de várias experiências**

| Máquina | Densidade | Tempo de confinamento | $n\tau$ | Temperatura |
|---|---|---|---|---|
| TOROIDAL PINCH | $5 \times 10^{13}$ cm$^{-3}$ | $10^{-2}$ s | $5 \times 10^{11}$ cm$^{-3}$ s | $10^6$ °K |
| TOKAMAK | $5 \times 10^{13}$ | $2 \times 10^{-2}$ | $10^{12}$ | $4 \times 10^6$ |
| STELLERATORS | $10^{12}$ | $10^{-2}$ | $10^{10}$ | $10^6$ |
| $\theta$ PINCH | $10^{13}$ | $10^{-5}$ | $10^8$ | $2 \times 10^7$ |
| PARTICLE INJECTOR | $10^9$ | $10^{-4}$ | $10^5$ | $3 \times 10^9$ |

Verifica-se assim uma diferença ainda apreciável entre os resultados conseguidos e o objectivo

$$n\tau > 10^{14} \text{ cm}^{-3} \text{ s}$$

## APÊNDICE: FENÓMENOS RADIOACTIVOS

Um núcleo radioactivo é aquele em que há sempre possibilidade de desintegração nuclear espontânea: o critério que se utiliza para caracterizar estes núcleos é o seu tempo de vida, considerando que este deve ser superior a $10^{-12}$ seg. Este critério serve assim para distinguir entre uma desintegração nuclear espontânea e uma desintegração de um núcleo formado numa reacção nuclear, núcleo esse que tem um tempo de vida muito mais curto. Exemplo:

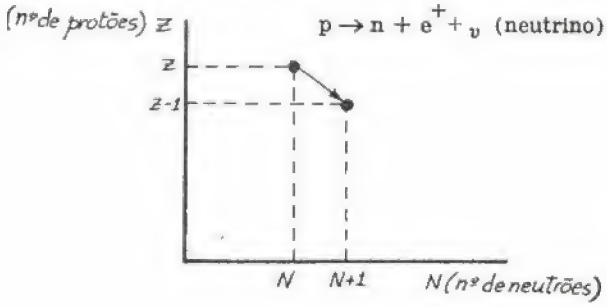
$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{5}_{2}He$$

$$^{5}_{2}He \rightarrow ^{4}_{2}He + n$$

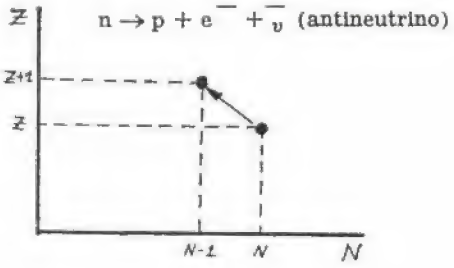
O núcleo de hélio $^{5}_{2}He$ desintegra-se, mas a sua duração é apenas da ordem de $10^{-21}$s.

Podemos então esquematizar os principais fenómenos que se consideram de desintegração radioactiva.

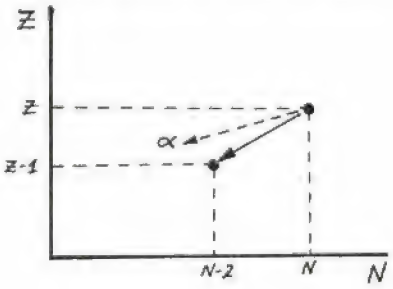
1. Processo $\beta^{+}$ : protão origina neutrão



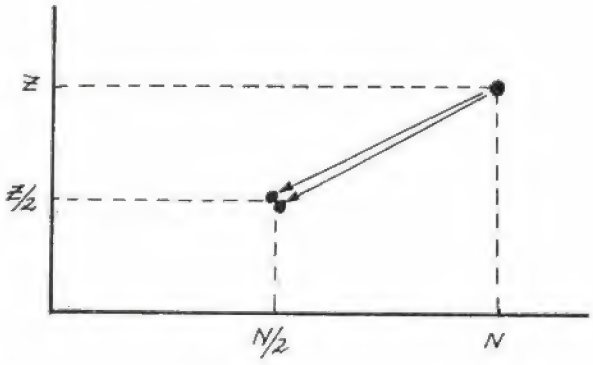

2. Processo $\beta^{-}$ : neutrão origina protão




3. Emissão de uma partícula $\alpha$




Podemos até admitir que o processo de *fissão espontânea* é um caso particular de radioactividade: tem-se a fragmentação do núcleo mas em núcleos de massa e carga comparáveis:




É usual ainda fazer referência à emissão de radiação $\gamma$ embora esta não resulte propriamente de uma modificação na composição do núcleo mas somente de uma variação do estado de energia nuclear.

### BIBLIOGRAFIA


1 — Delcroix, J. L.; Physique des Plasmas, Vol. 1, Dunod, Paris, 1963.

2 — Goldanskii, V. I.; Les Radioactivités; «La Recherche» Paris, Nov. 1972.

3 — Hunt, S. E.; Fission, Fusion and the Energy Crisis, Pergamon Press, Oxford, 1974.

4 — Rose, D.; Clark, M.; Plasmas and Controlled Fusion, M. I. T. Press, Massachussets, 1961.

5 — Tuck, J.. L.; L'Energie de Fusion, «La Recherche», Paris, Oct. 1972.

NÚMERO 434 MARÇO DE 1976 ANO LI VOLUME XXXVII

C. D. U. 662:338.982

# Nota sobre a apropriação dos recursos minerais. Programador nacional de empreendimentos mineiros

JOSÉ QUINTINO ROGADO
Prof. Catedrático do I. S. T.

**RESUMO**

*A exploração dos recursos minerais entronca no complexo problema de minimizar as perdas em metal e simultaneamente satisfazer as especificações tecnológicas adoptadas para os concentrados produzidos sem conduzir a custos excessivos.*

*Estes constrangimentos levam ao conceito de teor de rejeição cuja aplicação a casos da prática, aos níveis, quer do planeamento, quer da exploração é problema difícil.*

*O autor discute alguns aspectos dos eritérios de rejeição e apresenta relação tonelagem/teor que minimiza a perda em metal.*

*A definição de um programador nacional que garanta a melhor recuperação dos recursos minerais nacionais é sucintamente abordada. Contudo, nota-se a carência de conjunto de programas computorizados que permitam tratar este problema.*

*Faz-se a sugestão para a criação de gabinete ou grupo de trabalho que se responsabilize pela instalação de tal capacidade de programação em Portugal.*

**ABSTRACT**

*The exploitation of mineral resources deals with the complex problem of minimizing the metal losses simultaneously fitting with the technological specifications adopted for the yielded concentrates and not incurring in excessive costs.*

*These constrictions lead to the cutoff concept whose application in practical situations, either in the design level or in the exploitation one, is a difficult matter.*

*The author disccusses several aspects of cutoff criteria and develops a tonnage/grade relation which minimizes the metal losses, for individual deposits.*

*The setting up of a national programming device for ensuring the best recoverability of mineral resources is shortly outlined. However the computerized set of programs to deal with such problem is not still available. The suggestion for creating a task force for installing in Portugal such facility is made.*

1. Os recursos minerais não se podem renovar e a sua apropriação pelo homem levanta, por essa razão, problemas muito complexos.

Contrariamente ao que afirmou Bettelheim [1], admtir a hipótese de que haverá sempre recursos minerais disponíveis não é aceitável, porque implica que se considere horizonte temporal limitado e que grupo central de países industrialmente avançados explorem periferia muito vasta e subdesenvolvida fornecedora de tais recursos.

A circunstância do progresso técnico permitir explorar reservas minerais cada vez mais pobres, a custos sociais que habilmente se supõem não excessivo, não anula a circunstância incontroversa desses recursos não serem renováveis. Está-se, portanto, perante responsabilidade histórica que ultrapassa a que rodeia outras apropriações.

De facto, se a utilização das matérias-primas minerais pudesse ter sido feita usando acumulação criada pela força de trabalho humano, poder-se-ia ter baixado consideravelmente os níveis de rejeição adoptados na exploração dos recursos minerais.

Todavia, o critério adoptado ao longo dos séculos foi precisamente o contrário, i.e., os produtos minerais foram considerados «res nullius» e a exploração dos correspondentes recursos assim feita reflectiu-se, em grande parte, na acumulação que tornou possível o surto industrial da idade moderna (1). Esta atitude

(1) Notar que a valorização das reservas minerais que, muitas vezes, se processa através a figura contabilística denominada «Deplecção» [4], quando muito, inclui as despesas de descoberta (ou de compra), de prospecção, pesquisa, reconhecimento e preparação, não deixando margem alguma para valor intrínseco atribuível ao minério como fonte de acumulação, que traduza a apropriação colectiva de uma riqueza não renovável. Esta prática secular de considerar os minérios como «res nullius» entronca talvez nos hábitos resultantes da prática agrícola ancestral na qual a terra é um «res publica» gratuito.

conduziu ao desaparecimento da maioria das jazidas «ricas», encontrando-se o homem, no século XX, em face da exploração das jazidas «pobres», prevendo-se mesmo, no próximo século, que haja que aproveitar o CLARKE.

2. De qualquer modo, ao pretender-se explorar certa reserva mineral, quer em economia socialista (planificada ou não), quer em economia capitalista, quer ainda em configuração de transição, existem dados «à priori», que há que considerar, como em qualquer outra indústria e que são triviais:

— O(s) preço(s) de venda do(s) produto(s) a fornecer ao nível seguinte da cadeia de transformações industriais;

— os factores de custo, incluindo neles os relativos a transportes;

— as funções económicas a optimizar ou a satisfazer.

E é óbvio que a margem global actual, em termos monetários, será desejável que não seja negativa, embora, em qualquer tipo de economia, se admita muitas vezes, na indústria mineira, e não só, por razões, é certo, um tanto diversas, actividades de margem negativa (actividades subvencionadas).

Em configuração socialista planificada ou semi-planificada, os preços de venda são susceptíveis de ser sensivelmente alterados, mas, mesmo neste caso, poderá não convir fazê-lo, em dado momento, pelas repercussões em cadeia a que tal alteração conduzirá no nível nacional dos custos. Em economia capitalista de mercado, os preços de venda são supostos exteriores ao controlo do sector, embora em configuração monopolista a capacidade de forte interferência nos preços seja, muitas vezes, realidade com que se conta. Nas situações de transição, o controlo dos preços de venda é precário e, para os fixar, pode deixar-se funcionar os resquícios de mercado ainda existentes, aliados a medidas paralelas de controlo estatal.

Em qualquer caso, quando o minério em questão se destina principalmente à exportação ou é matéria-prima importante de complexo virado à exportação, a fixação dos preços de venda liga-se com acordos ou contratos internacionais e transcende, por isso, a vontade exclusiva do produtor, que sobre eles terá, assim, controlo apenas parcial.

No que respeita aos factores de custo, o que mais facilmente se controla em economia socialista são os salários. Na realidade, em qualquer tipo de economia, os salários estabelecem-se, como se sabe, através de mecanismos diversos, com importantes interacções entre si. Em todo o caso, na situação de gestão fortemente influenciada pelos próprios trabalhadores, é primordial que as linhas mestras dos objectivos colectivos sejam públicas e que as consequentes opções qualitativas e quantitativas hajam sido estabelecidas com suficiente unanimidade. Só assim este factor de custo poderá aceitar reduções ou congelamentos, sem que ocorram a queda da produtividade e/ou as reivindicações radicais.

Concernente a outro factor de custo, os encargos de capital, há que considerar basicamente duas situações extremas:

(i) economia socialista centralizada — os encargos de capital são os decorrentes dos preços dos equipamentos (1) ou destes preços acrescidos de juros fixados a nível nacional, como quando se pretende, por exemplo, canalizar o investimento para altos valores da relação produção/investimento;

(ii) economia capitalista — os encargos de capital resultam da conjuntura do mercado de capital e dos contratos de financiamento estabelecidos ou previsíveis.

Quanto às funções económicas, são sempre matéria de índole política — a nível nacional, ou de ramo no caso das economias socialistas, a nível empresarial ou de grupo de empresas em economias capitalistas. E vários modelos são possíveis, em qualquer sistema económico, como se sabe.

3. No entanto, a indústria mineira apresenta algumas características específicas que aconselham que se analise a sua estruturação como caso à parte das indústrias transformadoras, da agricultura ou da pesca:

— A primeira especificidade decorre do facto de se tratar de apropriação de bens não renováveis, como se referiu. Esta circunstância não foi senão recentemente explicitada e universalmente compreendida a nível global (2). Mas felizmente é hoje um dado incontroverso no planeamento macro-económico.

— A segunda, é que a reserva mineira é imutável, no sentido de que as suas características não podem, de forma alguma, alterar-se (compare-se, por exemplo, com a agricultura — aí, a terra pode produzir certo leque de produtos cuja escolha, em dada circunstância, depende da vontade do cultivador).

— A heterogeneidade da estrutura dos custos de exploração motivada pela diversa localização dos locais de trabalho e pelas variáveis propriedades mecânicas das rochas, dentro de uma mesma jazida [3].

— A incerteza no conhecimento dos teores e demais propriedades físicas (3) e, bem assim, da massa e forma do próprio depósito mineral [3].

Esta especificidade da indústria mineira conduziu ao aparecimento de tecnologias, hoje em dia, genericamente denominadas processos mineralúrgicos, com o objectivo de assegurar, às indústrias transformadoras, matérias-primas de características quase constantes, na medida em que o recurso a misturas homogenizantes de minérios provenientes de jazidas

(1) Mais o fundo de maneio, entenda-se.

(2) É óbvio que a nível empresarial, esta característica tem sido, desde sempre, considerada.

(3) Principalmente a aptidão à cominuição, o calibre de individualização e a lavabilidade.

diferentes se tornava inoperante, em face do aviltamento das características dos minérios em geral.

Deve notar-se que os processos mineralúrgicos, para além de realizarem a função acima descrita, permitiram o aproveitamento de minérios cada vez mais pobres, como resultado da concentração que realizam e, simultaneamente, alcançaram diminuir consideravelmente os encargos com os transportes, pois rejeitam importantes massas de estéreis.

Outra consequência secundária, mas não menos importante, da aplicação dos processos mineralúrgicos, consistiu mesmo em obter matérias-primas mais ricas do que meio século atrás, aceitando-se o generalizado pressuposto, não incontroversamente demonstrado, de que a perda em espécies aproveitáveis resultante dessa sobre-concentração é compensada pelas vantagens que as indústrias transformadoras auferem do facto de trabalharem matérias-primas mais ricas e pela economia resultante nos transportes. Este ponto de vista é, em muitos casos, fácil de confirmar, se se considerar, como tem sido hábito, os minérios como verdadeiro «res nullius».

De qualquer modo, a situação actual pode, em muitos casos, genericamente sumarizar-se na seguinte asserção:

«Um jazigo só se explora se se dispuzer de processo mineralúrgico capaz de concentrar o mineral de valor até aos teores *exigidos* pela tecnologia transformadora subsequente.»

É evidente que esta situação, que é condição necessária, mas não suficiente de exploração, traduz também a circunstância de as reservas minerais disponíveis exibirem teores em espécies úteis cada vez mais baixos.

Por isso mesmo, a mineralurgia será processo tecnológico cada vez mais preponderante na apropriação dos recursos minerais, tanto mais que se antevê a exploração do CLARKE, como se mencionou.

De facto, é importante que se note que à indústria mineira, fornecedora de matérias-primas, exige-se especificações quase uniformes em todo o Mundo, para cada tipo de minério que produz. Contudo, quando se comparam as características dos minérios tal-qual explorados em distritos mineiros distintos, a diversidade nas características é muito importante, quer quanto à morfologia e estrutura das jazidas, quer mesmo quanto à natureza química das espécies principais e associadas, quer ainda no que concerne à textura mineralógica, etc., etc.

Assim, o conjunto de processos tecnológicos inerentes a grande número de explorações mineiras podem considerar-se, fundamentalmente, executando-se por três tipos de operadores:

— *operador filtro,* o qual elimina as características perniciosas muito fora da especificação e retém as que valorizam o produto;

— *operador atenuação,* o qual, mercê de políticas de mistura, diminui sensivelmente a amplitude das flutuações que, apesar de tudo, o operador filtro não eliminou totalmente;

— *operador optimal,* o qual regula a aplicação dos dois operadores anteriores, optimizando uma ou mais funções económicas.

4. Assim, compreende-se que, introduzida a mineralurgia na cadeia da produção de matérias-primas minerais, o problema fundamental da rejeição das reservas não consideradas interessantes, quer globalmente, quer localmente, exige que se considerem os «concentrados» (1) que aquela tecnologia pode produzir.

4.1. Nesta óptica e em micro-análise, as situações com que se pode deparar são as seguintes [4], para período em que se possa admitir que, mediante apropriada programação, se estacionarizaram as despesas de lavra da jazida e de tratamento do seu minério, além dos gastos gerais e despesas de capital e de substituição (exploração estacionária):

A. Ao desmontar e concentrar *todo* o depósito mineral, o teor do concentrado obtido é superior ao mínimo exigido pela indústria transformadora subsequente. Porém, ao ocorrer esta situação, duas alternativas são ainda possíveis:

A 1. A «recuperação em peso» (1) é tal que conduz a margem monetária global positiva.

A 2. A «recuperação em peso» não conduz a margem global positiva.

B. Ao desmontar e concentrar a *totalidade* da jazida, o teor do concentrado obtido é inferior ao mínimo exigido pela indústria transformadora subsequente.

Se ocorre a situação A 1, a *totalidade* do depósito pode ser desmontada e tratada pelo processo mineralúrgico escolhido, embora seja legítimo investigar, adicionalmente, duas coisas:

a) qual a sequência de desmonte e tratamento que conduz à margem actualizada optimal. Globalmente, trata-se de problema complexo que, hoje em dia, se procura resolver à custa de «pesados» programas computorizados.

b) Quais as alterações no processo de tratamento mineralúrgico que ainda podem vir a beneficiar a margem, sem sobre-custos ou perdas proibitivas. É este um problema delicado que entronca em opções políticas globais. Esta análise surge, aliás, como uma via que introduz a influência do quadro da macro-economia, no qual o problema micro-económico necessariamente se integra.

---

(1) Abreviadamente, denominaremos, como é habitual, aliás, de «concentrados», os minérios enriquecidos pelos processos mineralúrgicos.

(2) Chama-se «recuperação em peso» ao quociente entre o peso do concentrado produzido e o peso do minério natural (minério «tal-qual») que o gerou. A margem monetária B, é função da recuperação em peso R através a relação [6]:

$$B = Q R v c - k_1$$

(v. lista de símbolos)

Dando-se a situação A 2, deverão alterar-se as condições de desmonte e/ou de tratamento, de forma a cair-se na situação A 1. Pode, todavia, acontecer que essa solução não seja desejável (por exemplo porque conduz a perdas excessivas em espécies utilizáveis — integração na macro-análise) e, assim, surgir outra alternativa, a qual consiste em abandonar as zonas ou partes da jazida mais pobres e/ou mais «difíceis» (1). Pode chegar-se assim à construção de um critério de rejeição («cut-off») por carência de rendimento em peso. De notar, contudo, que a cada acto de rejeição (2) corresponde um jazigo diferente onde diferentes podem ser os teores globais dos concentrados a produzir, usando pre-fixado processo mineralúrgico.

Assim sendo, poderá ou não, pela aplicação da rejeição por escassez de rendimento em peso, atingir-se, sem o querer, a situação B?

Para responder a esta questão, deve primeiramente notar-se que pode mostrar-se que o critério de rejeição optimizante (3) por carência de rendimento em peso conduz à utilização do algoritmo que se deve usar na construção do critério de rejeição optimizante por carência de teor. Assim, ao chegar-se, por rejeições sucessivas (e optimizantes) a rendimento em peso acima do mínimo que produz margem positiva, à custa de critério optimizante, tem-se a certeza de que o teor de concentrado global não baixou e que, portanto, se não atingiu indevidamente a situação B. Chega-se antes à situação A 1, optimizando simultaneamente o teor do concentrado global compatível com a perda mínima em espécie útil.

De notar que tal critério universal de rejeição optimizante para exploração estacionária consiste em rejeitar prioritariamente os blocos que conduzem a menor teor de concentrado, quando tratados isoladamente [7].

É evidente que, ao tentar-se sair da situação B através política optimal de rejeições, necessariamente se caminha para a situação A 1 (ver fig. 1).

Para se ter mais completa compreensão deste problema, deve acrescentar-se que, mesmo uma vez assente certo critério de rejeição, haverá ainda que decidir se a parcela abandonada da jazida deve ser [3]:

(i) deixada «in situ», sendo considerada de valor nulo

a) imediatamente, ou
b) após certo período de tempo, ou

(ii) extraída e colocada

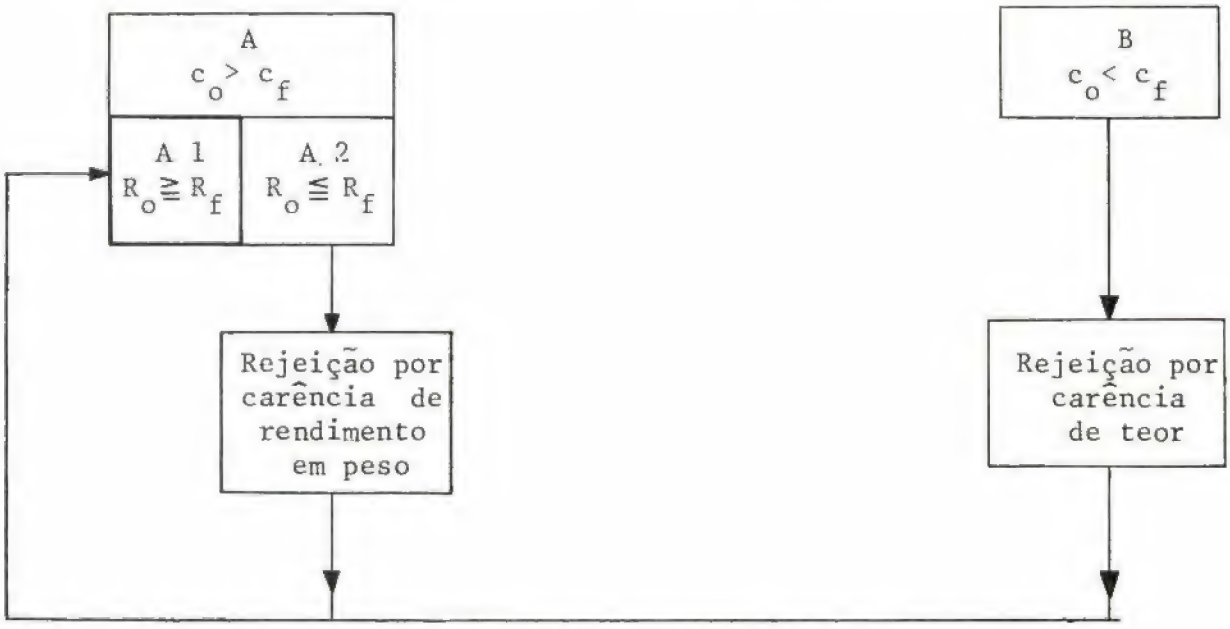



*Fig. 1 — Regras de rejeição*

$c_f$ — Teor mínimo fixado para o concentrado global.
$R_f$ — Rendimento em peso mínimo, fixado $c_f$.
$c_o$ — Teor do concentrado global.
$R_o$ — Rendimento em peso global.

(1) Entende-se por zonas «difíceis» dos jazigos, aquelas que conduzem a altos custos de exploração e/ou a baixos rendimentos em peso. Normalmente, as zonas pobres são difíceis do ponto de vista mineralúrgico, podendo não o ser do ponto de vista do desmonte mineiro.

(2) Fala-se em «acto de rejeição», porquanto os jazigos são, do ponto de vista da planificação e execução da sua exploração, tratados como sistemas discretos constituídos por blocos ou painéis de exploração.

(3) Entende-se aqui por rejeição optimizante a que minimiza a perda em espécies utilizáveis.

a) em entulheira definitiva (considerada perdida)
b) em entulheira provisória (acessível para uso futuro).

Por outro lado, disse-se atrás que, atingida a situação $A_1$, ainda seria legítimo investigar, pelo menos, alterações no processo mineralúrgico susceptíveis de, sem custos excessivos, aumentarem a recuperação da espécie útil. Há, todavia, um caso, frequente na prática, em que esta investigação é quase que obrigatória. É o que surge quando o processo mineralúrgico, sem sensível variação dos custos operacionais, for susceptível de diversas regulações.

Na essência, este problema resolve-se tomando determinada regulação do processo (aquela que conduz a teor mais baixo de concentrado) como referencial; seguidamente, considera-se as transferências desse referencial para todas as outras regulações possíveis do processo, isto em cada bloco ou painel em que se dividiu a jazida, e calcula-se o quociente da variação do peso do concentrado global pela variação do peso global da espécie útil recuperada ao efectuar-se qualquer transferência; ordena-se depois decrescentemente tais quocientes, considerando todos os blocos de mineração da jazida; do primeiro ao último termo, percorre-se a sequência assim ordenada cujos termos correspondem a outros tantos pontos de funcionamento optimizante do processo mineralúrgico.

Obtêm-se, deste modo, os teores máximos do concentrado global com o mínimo de perda de espécie útil [7].

4.2. Calculando os pesos de espécie útil e de concentrado correspondentes às sucessivas situações optimizantes (ambos relativos ao mesmo teor de concentrado global optimal), pode construir-se directamente o que se chama a «parametrização» optimizante da jazida, na vizinhança de dada situação $A_1$ (Fig. 2). Se a escolha de $A_1$ houver sido judiciosa (em face do desenvolvimento tecnológico e da estrutura de custos vigente), curvas como a da Fig. 2 deverão considerar-se características de dada jazida em dada época do progresso tecnológico (são portanto do tipo da curvas de Lasky [4]).

Com efeito, elas permitem calcular [7], para determinado teor de corte, não só o teor médio do concentrado global, por simples divisão da ordenada pela abcissa de qualquer ponto, como também a margem maximizante em face de dada estrutura de custos adoptada, além, evidentemente, dos pesos da espécie útil aproveitada e do concentrado global correspondente.

Tais curvas caracterizam, assim, completamente, uma jazida, ao nível do planeamento. Ao nível da exploração, dispondo-se de informação adicional e de outros critérios de rejeição, a respectiva parametrização tem de ser detalhadamente revista [8].

4.3. Conclui-se, portanto, que o problema geral das rejeições, quer devidas ao teor, quer ao rendimento em peso (rejeição por critério económico), podem ser simultaneamente tratadas, uma vez que se haja parametrizado a jazida.

Com efeito, a margem monetária global é [6]

$$B = Mv - (tW + m + l)$$

ou

$$\frac{B}{v} = M - \left(\frac{t}{v} W + \frac{m + l}{v}\right)$$

ou

$$\frac{B}{v} = M - T$$

$$\text{com } T = \frac{t}{v} W + \frac{m + l}{v}$$

Quer dizer, desde que se meça a margem monetária em unidades do valor pro-rata do preço de ven-

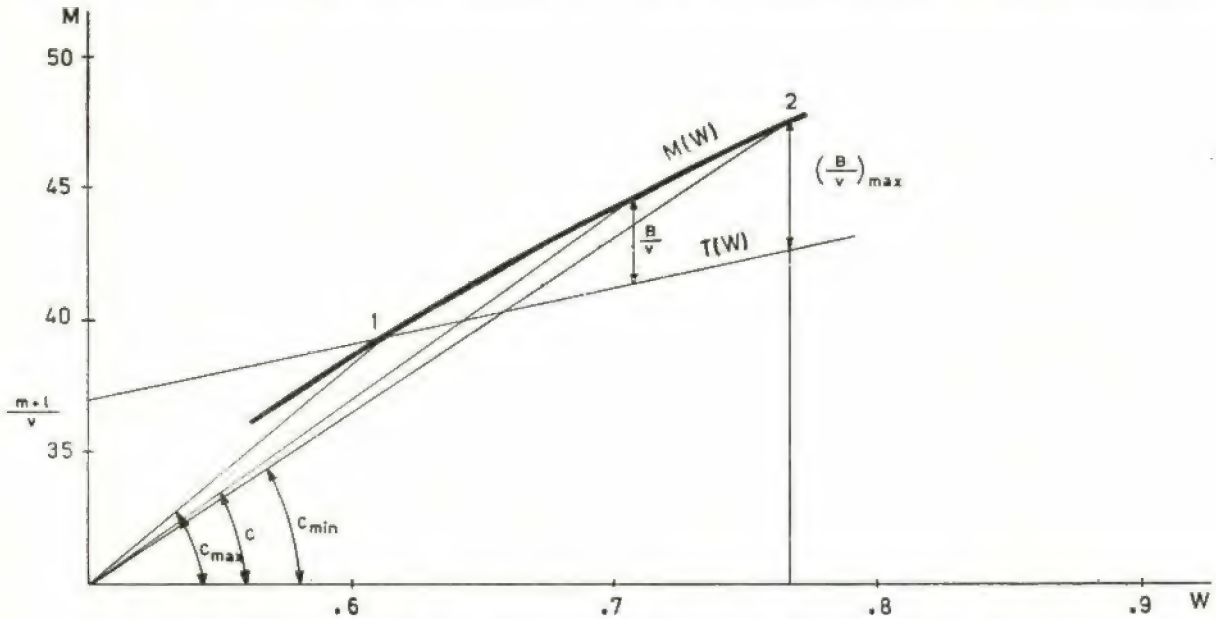



*Fig. 2 — PARAMETRIZAÇÃO OPTIMAL. DEFINIÇÃO DE MARGENS MONETÁRIAS (ver lista de símbolos)*

da, ela será a diferença entre a ordenada da curva M (W) e a da recta T (v. Fig. 2). Deste modo, o ponto 1 da Fig. 2 representa o ponto de funcionamento do sistema jazida-concentrador correspondente a margem monetária nula (para as condições de venda expressas por v) e o ponto 2, o ponto de funcionamento com margem máxima. Notar que estes pontos de funcionamento, como quaisquer outros, podem implicar ou não rejeição de parcelas da jazida.

A qualquer situação intermédia, quanto a c, corresponderá margem intermediária, como é óbvio.

4.4. Vê-se, assim, a delicadeza e dificuldade da construção de políticas de rejeição coerentes, mesmo ao nível da micro-análise. Não admira, pois, que a prática corrente, onde, com frequência, estes critérios são tratados com escassa reflexão teórica e razoável dose de irresponsabilidade (que resulta principalmente de comunemente se considerar os minérios «res nullius», como se referiu), haja conduzido a verdadeiras montanhas de desperdício.

5. Por outro lado, ao nível da macro-análise parte-se (ou deve partir-se) da parametrização optimizante dos jazigos objecto do planeamento, por exemplo, daqueles que pertençam ao ramo, se a análise se limita ao ramo, em economia socialista, ou dos que integrem a empresa ou grupo de empresas, em economia capitalista.

Há então que definir, para cada um deles, o escalão de produção e o teor do concentrado global maximizante de certa ou certas funções económicas. Como se viu, a margem monetária e aquele teor global estão ligados pela parametrização.

Além disso, a duração da vida de um jazigo depende do escalão de produção adoptado para a sua exploração e os próprios custos dependem directa e/ou indirectamente da duração de vida, como é conhecido. Também há que prever alteração dos preços de venda, principalmente se a produção se destina à exportação. Compreende-se pois, que a macro-análise seja muito complexa, mesmo que se haja acertado qual a função económica que interesse optimizar.

As bases para a estruturar exigem a utilização de programas capazes de operar sobre as parametrizações para fornecer as margens optimizantes. Recentemente, têm-se desenvolvido programas parcialmente aptos a realizar aquela operação sobre qualquer jazigo individual, à custa da técnica de programação dinâmica [5]. A consideração de vários jazigos simultaneamente, isto é, o problema fundamental da macro-análise, está delineada, mas carece-se, nesta data, de programas apropriados, lacuna esta que parece prioritário que se venha a ultrapassar rapidamente, nomeadamente em Portugal, onde se desenha forte controlo estatal na indústria mineira.

Assim, a instalação de um programador nacional para empreendimentos mineiros (PRONEM) deverá ser preocupação imediata, quer das Universidades, quer dos serviços ministeriais. A criação de gabinete ou grupo de trabalho especificamente responsabilizado pela execução desta tarefa, a curto prazo, apresenta-se pois como iminentemente necessário, tanto mais que existe o necessário «know-how» para o lançar.

Tal programador, consistiria em conjunto articulado de meios e metodologias capazes de [2]:

- Utilizar dados geológicos, de prospecção, pesquisa e reconhecimento e mineralúrgicos devidamente codificados e de colaborar na criação de banco de dados coerente;
- seleccionar áreas prioritárias para aí intensificar as pesquisas e propecção;
- calcular reservas minerais utilizando critérios racionais globais;
- parametrizar as reservas assim calculadas, em termos tecnologicamente válidos permitindo, portanto, estabelecer relação objectiva entre o teor de corte e a massa mineral explorável, o que é, como se viu, base imprescindível para a definição de política nacional a médio e longo prazo de inventários, preços e níveis de produção;
- programar a exploração de jazidas minerais, tanto a nível de ante-projecto, como de projecto, usando «funções critério» variadas;
- acompanhar a exploração efectiva das minas, com vista a permitir aos respectivos exploradores a correcção das rotinas tecnológicas em face de dados novos e a adaptação das mesmas a situações conjunturais ou a mudanças de objectivos;
- melhorar a própria metodologia acompanhando o desenvolvimento científico e tecnológico;
- informar das necessidades nacionais em técnicos e especialistas;

Os meios materiais necessários ao PRONEM consistiriam em:

- Acesso a terminal pesado ligado a computador com capacidade para, pelo menos, 300 Kb;
- acesso a terminais ligeiros (v.g. Time-sharing);
- acesso directo ao computador referido em (i);
- biblioteca de programas cobrindo variados algoritmos de cálculo de reservas, optimização de desmontes subterrâneos e a céu-aberto, incluindo análise económica de detalhe;
- secretariado com meios de reprografia, desenho e dactilografia;
- biblioteca especializada.

## LISTA DE SÍMBOLOS

B margem monetária global
Q massa global extraída
R recuperação (rendimento) em peso
v pro-rata do preço de venda
c teor do concentrado
$k_1 > o$ constante
M massa mineral global extraída
t frete
W massa global do concentrado
m despesa global de beneficiação
l despesa global de lavra

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA


1 — Bettelheim, C., 1966, Problèmes theoriques et pratiques de la planification. F. Maspero. Paris.

2 — C. V. R. M. U. L., 1976. Proposta para o Banco Mundial. Documento interno.

3 — Elbrond, J., & Dowd, P., 1975, the sequence of decisions in cut-off and rates of production. 13 th International Symposium on the Applications of Computers and Mathematics for Decision Making in the Mineral Industries (APCOM), Oct. 1975. Clausthal.. R. F. A.

4 — Lasky, S. G., 1950, How tonnage and grade relations help predict ore reserves, Vol. 151. No. 4. Engineenng and Mining Journal. U. S. A.

5 — Lopes, A. T., 1974, Um aspecto da amortização em minas. Mem. MI-15. Universidade de Luanda, Depart. de Eng. de Minas. Luanda. Angola.

6 — Rogado, J. Q., 1975, Sequential optimisation method for dressing control of ore bodies (I). 7 th Mining Pribrám in Science and Technique. Oct. 1975. Pribrám. Checoeslovaquia.

7 — Rogado, J. Q., 1975. Sequential optimisation method por dressing control of ore bodies (II) 13° APCOM, Oct. 1975, Clausthal R. F. A.

8 — Taylor H. K., 1972, General background theory of cutoff grades, vol. 81 sect. A. pp. A160-A179. Inst. of Mining and Metal. Transc. London. Inglaterra.

# FEIRAS E EXPOSIÇÕES

| OBJECTIVOS E PROGRAMA | LOCAL, DATA, ORGANIZAÇÕES E INFORMAÇÕES |
|---|---|
| 6 ième conference internationale sur la physique des plasmas et la recherche concernant la fusion nucléaire contrôlée | A. I. E. A.<br>Berchtesgaden — R. F. A.<br>6 a 13 de Outubro - 76 |
| Tráfego, Segurança e Traçado de Estradas | L. N. E. C. — Lisboa<br>4.º Trimestre de 1976 |
| Codificação e Automatização da Informação do Projecto | L. N. E. C. — Lisboa<br>Final de 76 |
| Areas Residenciais Urbanas | L. N. E. C. — Lisboa<br>2.ª Fase — Novembro - 1976<br>3.ª Fase — 1.º Trimestre de 1977 |
| Machine Tool Developments | Birmingham — Inglaterra<br>22 de Setembro — 2 de Outubro - 76 |
| Cálculo de Barragens — Abóbada<br>Pelo Método dos Elementos Finitos | L. N. E. C. — Lisboa<br>Terças e quartas-feiras, das 14 às 16h30, com início em 6 de Outubro - 1976 |
| International Product Innovation Congress and Exhibition | Düsseldorf — R. F. A.<br>Fevereiro - 77 |
| International Conference of the Tool and Die Industrye | Veneza — Itália<br>Maio - 77 |
| IV Assemblea General del Centro National de Investigaciones | Madrid — Espanha<br>31 de Maio a 31 de Junho - 1977 |
| Third International Symposium in Hidrology | Colorado State University — U. S. A.<br>27 a 29 de Junho - 1977 |
| The Second International Conference on Transfer of Water Resources Information | Colorado State University — U. S. A.<br>30 de Junho a 2 de Julho - 77 |
| Faire International Soudage et Découpage | ESSEN — R. F. A.<br>21 a 38 de Setembro - 77 |
| 1 ière Foire Specialisée International sur la Téchnique Sidérurgique | Düsseldorf — R. F. A.<br>Junho - 1979 |

# Resumo dos Artigos publicados na «Técnica» n.º 434

## Ano LI — Março 1976

C. D. U. 519.283.001

L. VALADARES TAVARES

A INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL NA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL: PROPOSTA DUMA ESTRUTURA DE CURSOS UNIFICADOS

Técnica N.º 434 — LI — 3-1976, p. 235 a 240

Analisam-se as potencialidades da Investigação Operacional perante as necessidades da Engenharia Civil indicando-se algumas das áreas em que o seu contributo poderá ter mais interesse.

Discutem-se as maiores dificuldades presentes na organização de cursos de pós-graduação em Engenharia Civil em pequenos países com escassos recursos humanos e materiais.

Utilizando a Física e a Investigação Operacional como principais factores de unificação metodológica propõe-se uma estrutura económica de cursos de pós-graduação suficientemente polivalentes e especializados para satisfazerem as necessidades dos referidos países.

C. D. U. 330.115

MARCO ANTÓNIO MONTEIRO D'OLIVEIRA

ANÁLISE DE MULTIPLICADORES INTERSECTORIAIS

Técnica N.º 434 — LI — 3-1976, p. 241 a 263

Este artigo define os diferentes tipos de multiplicadores existentes nos modelos intersectoriais de Leontief e utiliza-os na identificação dos sectores estratégicos da actividade económica. Para apoio estatístico reuniram-se algumas centenas de quadros de relações interindustriais, provenientes de diversos países em diferentes fases de desenvolvimento. Os quadros foram ordenados de acordo com o Produto Interno Bruto per capita de cada país e do ano de construção do quadro. Admitiu-se que para idêntica capitação do rendimento existem estruturas económicas semelhantes e problemas afins. A metodologia foi ensaiada com a economia portuguesa, supondo-se um incremento do rendimento nacional e as correspondentes alterações nos padrões de consumo.

C. D. U. 532.517.4.001.57

J. J. DELGADO DOMINGOS
D. F. G. DURÃO
J. H. WHITELAW

APLICAÇÃO DE MODELOS DE TURBULÊNCIA E DE TÉCNICAS EXPERIMENTAIS PARA A SUA VERIFICAÇÃO

Técnica N.º 434 — LI — 3-1976, p. 265 a 272

A finalidade deste artigo é demonstrar, através de alguns exemplos, a aplicabilidade de modelos de turbulência e seus meios de verificação discutidos nas lições do Curso de Extensão «Modelos de Turbulência e sua Verificação Experimental» e apresentados em seis artigos anteriores. Assim, são feitas demonstrações da aplicabilidade de modelos de turbulência dentro da estrutura das equações bi-dimensionais parabólicas e elípticas assim como medidas experimentais relevantes obtidas com anemómetros de fio quente e ópticos.

C. D. U. 621.039

F. M. MOREIRA SERRA
M. A. REI VILAR

APROVEITAMENTO DA ENERGIA NUCLEAR

Técnica N.º 434 — LI — 3-1976, p. 273 a 280

Como consequência da escassez de combustíveis fósseis, apresenta-se a necessidade do aproveitamento da energia nuclear. Descrevem-se brevemente os processos de fissão e fusão nuclear. Destaca-se a necessidade do estudo da Física dos Plasmas para a concretização da fusão nuclear controlada. O texto destina-se essencialmente a alunos dos primeiros anos dos cursos de engenharia.

C. D. U. 662:338.982

JOSÉ QUINTINO ROGADO

NOTA SOBRE A APROPRIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS. PROGRAMADOR NACIONAL DE EMPREENDIMENTOS MINEIROS

Técnica N.º 434 — LI — 3-1976, p. 281 a 287

A exploração dos recursos minerais entronca no complexo problema de minimizar as perdas em metal e simultaneamente satisfazer as especificações tecnológicas adoptadas para os concentrados produzidos sem conduzir a custos excessivos.

Estes constrangimentos levam ao conceito de teor de rejeição cuja aplicação a casos da prática, aos níveis, quer do planeamento, quer da exploração é problema difícil.

O autor discute alguns aspectos dos critérios de rejeição e apresenta relação tonelagem/teor que minimiza a perda em metal.

A definição de um programador nacional que garanta a melhor recuperação dos recursos minerais nacionais é sucintamente abordada. Contudo, nota-se a carência de conjunto de programas computorizados que permitam tratar este problema.

Faz-se a sugestão para a criação de gabinete ou grupo de trabalho que se responsabilize pela instalação de tal capacidade de programação em Portugal.

# Synopsis of articles published in «Técnica» n.° 434

## LI — March 1976

U. D. C. 621.039

F. M. MOREIRA SERRA
M. A. REI VILAR

USE OF NUCLEAR ENERGY

Técnica N.° 434 — LI — 3-1976, p. 273 a 280

The need of fission and fusion as an energetic source, due to the lack of conventional fuels, is introduced.

Fission and fusion processes are described.

The contribution of Plasma Physics to the controlled fusion is emphasized.

This text is mainly directed to undergraduate students.

U. D. C. 519.283.001

L. VALADARES TAVARES

OPERATIONAL RESEARCH AND POST-GRADUATION IN CIVIL ENGINEERING

Técnica N.° 434 — LI — 3-1976, p. 235 a 240

The potentialities of Operational Research for Civil Engineering are studied and major application areas are discussed.

Using Physics and Operational Research as basic scientific tools for a post-graduation in Civil Engineering, a structure of unified courses is proposed in order to obtain educational flexibility and economy.

U. D. C. 662:338.962

JOSÉ QUINTINO ROGADO

NOTE ON THE APPROPRIATION OF MINERAL RESOURCES. THE MINING COMPUTERIZED NATIONAL DESIGNER

Técnica N.° 434 — LI — 3-1976, p. 281 a 287

The exploitation of mineral resources deals with the complex problem of minimizing the metal losses simultaneously fitting with the technological specifications adopted for the yielded concentrates and not incurring in excessive costs.

These constrictions lead to the cutoff concept whose application in practical situations, either in the design level or in the exploitation one, is a difficult matter.

The author disccusses several aspects of cutoff criteria and develops a tonnage/grade relation which minimizes the metal losses, for individual deposits.

The setting up of a national programming device for ensuring the best recoverability of mineral resources is shortly outlined. However the computerized set of programs to deal with such problem is not still available. The suggestion for creating a task force for installing in Portugal such facility is made.

U. D. C. 330.115

MARCO ANTÓNIO MONTEIRO D'OLIVEIRA

ANALYSIS OF INPUT-OUTPUT MULTIPLIERS

Técnica N.° 434 — LI — 3-1976, p. 241 a 263

This paper is the abstract of a Ph. D. thesis on Analysis of Input-Output Multipliers. It defines different typer of multipliers embodied in input-output Leontief models and uses them to identify the key sectores of economic activity. The research is backed by a few hundred of input-output tables from different countries at different stages of development. The tables are referred to Gross Domestic Product per capita of the concerned country in the year the table was compiled. It is assumed that with similar G. D. P. / capita the countries have common problems and parallel economic structures. The methodology is tested with Portugal assuming an increase of income and same changes of the consumption patterns.

U. D. C. 532.517.4.001.57

J. J. DELGADO DOMINGOS
D. F. G. DURÃO
J. H. WHITELAW

THE APPLICABILITY OF TURBULENCE MODELS AND THE EXPERIMENTAL TECHNIQUES FOR THEIR VERIFICATION

Técnica N.° 434 — LI — 3-1976, p. 265 a 272

The purpose of the paper is to demonstrate, by example, the applicability of turbulence models and the means of their verification discussed in the lectures of the Extension Course entitled «Models of Turbulence» and presented in six previous papers. Thus, demonstrations of the applicability of turbulence models within the framework of two-dimensional parabolic and two-dimensional elliptic equations are presented as are relevant measurements obtained with hot-wire anemometers and optical anemometers.

# Publicações Recebidas

## PUBLICAÇÕES PERIÓDICAS

— AGROS
Associação dos Estudantes de Agronomia

— ANALLES DE MECANICA Y ELECTRICIDAD
Asociacion de Ingenieros del I. C. A. I.

— ASEA — REVUE

— ACTA TECHNICA
Academiae Scientiarum Hungariae

— ANAIS DO CLUBE MILITAR NAVAL

— ANALYTICAL ABSTRACTS
Society for Analytical Chemistry

— ACIER - STAHL - STELL

— ANNALES
Institut Technique du Batiment et des Travaux Public

— AEG - TELEFUNKEN AL DIA

— AR COMPRIMIDO
Atlas Copco

— BOLETIM DA CAMARA MUNICIPAL DE SÁ DA BANDEIRA

— BOLETIM ECONÓMICO E FINANCEIRO
Banco Borges & Irmão

— BOLETIM
Instituto Nacional de Investigação Industrial

— BOLETIM MENSAL DE INFORMAÇÃO
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

— BULLETIN OF THE SEISMOGRAPHIC STATIONS
University of California

— BOLETIM DEL CEMENTO PORTLAND
Instituto del Cemento Portland Argentino

— BOLETIM GTH
Gabinete Técnico da Habitação da Câmara Municipal de Lisboa

— BOLETIM
Sociedade Geológica de Portugal

— BOLETIM INFORMATIVO IRANOR
Instituto Nacional de Racionalizacion y Normalizacion

— BOLETIM DA ELECTROQUÍMICA E CORROSÃO
Instituto Nacional de Investigação Industrial

— BOLETIM
Departamento de Imprensa e Informação do Governo da República Federal da Alemanha

— BOLETINUL
Institutului Politehnic Bucaresti

— BOLETIM
Associação Industrial de Angola

— BOLETIM DO PORTO DE LISBOA
Administração-Geral do Porto de Lisboa

— BOLETIM DO SERVIÇO CARTOGRAFICO DO EXÉRCITO

— BOLETIM DE MINAS
Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos

— BULLETIN DE LA CHAMBRE DE COMMERCE BELGE AU PORTUGAL

— BULLETIN
Agence Internationale de L'energie Atomique
Instituto dos Produtos Florestais

— CENIM

— CORTIÇA
Centro Nacional de Investigaciones Metalurgicas

— (JOURNAL OF) CHEMICAL EDUCATION
Division of Chemical Education of the American Chemical Society

— CIMENTO E CONCRETO
Associação Brasileira de Cimento Portland

— COMUNICAÇÕES ELÉCTRICAS
International Telephone and Telegraph Corporation

— CONSTRUCTI

— CARTA GEOLÓGICA DE ANGOLA
Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas

— CEMENTO HORMIGÓN

— COURRIER CERN

— COLLECTION
Czechoslovak Academy of Sciences

— DYNA
Asociacion de Engenieros Industriales de España

— EL ESTAÑO Y SUS APLICACIONES
Tin Research Institute

— ELECERICITE DE FRANCE
Direction des Etudes et Recherches

— ELECTRICIDADE
Empresa Editorial Electrotécnica Edel, Lda.

— ENDEAVOUR
Imperial Chemical Industries Limited

— ESTUDOS
Banco Fomento Nacional

— ESTUDOS, NOTAS E TRABALHOS
Serviço de Fomento Mineiro

— ELECTRICAL COMMUNICATION
International Telephone and Telegraph Corporation

— ECONOMIC REVIEW
Câmara de Comércio Luso-Britânica

— FUNDIÇAO
Associação Portuguesa de Fundição

— FUNDEXPORT
Fundo de Fomento de Exportação

— GEOTÉCNICA
Revista da Sociedade Portuguesa de Geotécnica

— INFORMES DE LA CONSTRUCCION
Instituto Eduardo Torroja

— ION
Sindicato Nacional de Indústrias Químicas

— INDÚSTRIA DE MOÇAMBIQUE
Associação Industrial de Moçambique

— LA HOUILLE BLANCHE
Société Hydrotechnique de France

— LES NOUVELLES DE L' E. I. B.

— METALLURGIA AND METAL FORMING
National Association of drop Forgers and Stampers

— MACHINE TOOL REVIEW

— NOTICIARIO DOS ELASTÓMEROS
du Pont

— ONU (CHRONIQUE MENSUELLE)
Service de L'information de L'organisation des Nations Unies

— O PROPULSOR
Sindicato Nacional dos Oficiais da Marinha Mercante

— PRELO
Imprensa Nacional - Casa da Moeda

— PORTUGAL - ALEMANHA
Câmara de Comércio e Indústria Luso-Alemã

— REVISTA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
Universidade de Lourenço Marques

— REVUE LANDIS E GYR (EDITION ELECTRICITÉ)

— REVUE D'IENA

— REVUE SIEMENS
Siemens Antiengesellschaft

— REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

— LA REACHERCHE AÉROSPATIALE
Office National D'Études et de Recherchse Aérospatiales

— REVISTA DE METALURGIA
Cenim - Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas

— RAIL INTERNATIONAL
Association Internationale du congrès des chemins de fer et de L'Union Internationale des Chemins de fer

— REVISTA TÉCNICA SULZER

— REVISTA DANFOSS

— REVISTA AGRONÓMICA
Sociedade de Ciências Agronómicas de Portugal

— TECHNIQUES FRANÇAISES (BATIMENT TRAVAUX PUBLICS URBANISME)
Services Économiques de L'Embassade de France

— TECHNIQUES FRANÇAISES (INDUSTRIE DE METAUX
Services Économiques de L'Embassade de France

— TECHIQUES FRANÇAISES (TRANSPORTS)
Services Économiques de L'Embassade de France

— TECHIQUES FRANÇAISES (CHIME GAZ PETROLE) BIENS DE CONSOMMATION)
Services Économiques de L'Embassade de France

— WORLD HEALTH ORGANIZATION PUBLICATIONS
World Health Organization

— WISSENSCHAFTLICHE ZEITSCHRIFT DER HOCSCHULE
Architektur und Bauwesen Weimar

VICENTE FERREIRA E BRAZÃO FARINHA

# TABELAS TÉCNICAS

técnica

REVISTA DE ENGENHARIA DA ASSOCIAÇÃO DOS ESTUDANTES
DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO - LISBOA

**7ª EDIÇÃO REVISTA E ACTUALIZADA**
**PREÇO 250.00**
**DESC. 10% AOS ASSINANTES**

# Publicidade com critério.

# Anuncie na

**técnica** REVISTA DE ENGENHARIA